

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

Sistema de Detecção de Incêndios

João Pedro Pais de Figueiredo Correia

Relatório de Projecto realizado no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Alves
Co-orientadores: Eng. José Azevedo, Eng. Manuel Reis

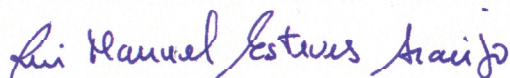
Junho de 2008

A Dissertação intitulada
“Sistema de detecção de incêndio”

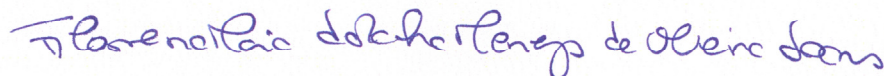
foi aprovada em provas realizadas em 18/Julho/2008

o júri

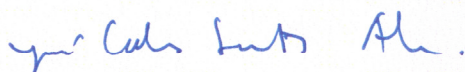
Presidente Professor Doutor Rui Manuel Esteves Araújo
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professora Doutora Filomena Maria Rocha Menezes Oliveira Soares
Professora Associada da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

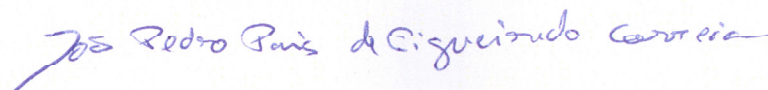


Professor Doutor José Carlos dos Santos Alves
Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados.

Autor - João Pedro Pais de Figueiredo Correia



© João Pedro Pais de Figueiredo Correia, 2008

Ao meu avô

*“Que o mais cintilante oceano te leve onde o
mundo te negou e o sonho te apaixonou”*

Resumo

O documento de seguida apresentado fornece uma explicação pormenorizada do método de desenvolvimento e implementação (a nível de *Hardware*) de uma central de detecção de incêndios endereçável. Apesar de existir actualmente no mercado uma vasta gama de produtos idênticos ao que se propõe desenvolver neste projecto, tenciona-se desenvolver o *hardware* de uma central de incêndios de forma a tornar este equipamento mais económico e que, ao contrário dos outros sistemas, permita a utilização do maior número de marcas de detectores possíveis.

Inicialmente foram realizadas pesquisas, para obter informação sobre sistemas semelhantes já existentes e sobre a norma EN54, referente a centrais de detecção de incêndio. Após estas pesquisas, foram definidas as especificações do sistema e foi iniciado o seu desenvolvimento.

A central desenvolvida é um sistema baseado num microprocessador que possui um interface com o utilizador, constituído por um conjunto de indicadores, um LCD e um conjunto de teclas que permite ao utilizador navegar nos diferentes menus do mostrador. Possui ainda capacidade de comunicação por Ethernet, RS422/485/232 Estes tipos de comunicação têm diferentes objectivos: Ethernet e RS232 para ligação a um computador de controlo e RS422\485 para ligação com um possível repetidor e aos detectores.

Além destes módulos, que também se podem encontrar nos sistemas actualmente no mercado, a central desenvolvida possui ainda algumas características que permitem ao sistema evidenciar-se relativamente à gama em comercialização. Um destes sistemas é o caso do módulo de gravação e reprodução de voz, que permite por exemplo numa sala de controlo de o edifício de grandes proporções, uma identificação mais rápida das ocorrências sem que o utilizador necessite de olhar para a central ou usar o seu interface de controlo. A utilização de uma única bateria de 12V como fonte secundária é também uma característica que distingue a central desenvolvida já que esta, em conjunto com a utilização de componentes de baixo custo, torna o equipamento mais económico.

Apesar de ser interessante desenvolver uma central que pudesse suportar detectores de diversos fabricantes, após análise do mercado de detectores de incêndios foi verificado que as diferentes marcas de detectores possuem protocolos de comunicação proprietários, o que torna este dinamismo impraticável. No entanto, após análise da parceria proposta pela única marca que se mostrou disponível para partilhar o seu protocolo, a empresa Nibble Engenharia Lda., concluiu que a solução que lhe é mais vantajosa economicamente será implementar os seus próprios detectores e desenvolver o seu próprio protocolo de comunicação.

Abstract

The presented document explains the development method and the implementation (hardware level) of a fire detection system. At the moment there are several products on the market identical to the one we intend to develop. However, this project aims to build the hardware of a fire detection system with a lower price and offering the ability to communicate with several brands of fire detectors.

Initially, it was made an analysis about the existing fire detection systems and the international standard EN54 that refers to fire detection systems. Those analyses helped to define the specification parameters that lead to the final product.

The developed system is based in a microprocessor and has several components that enable the implementation of a simple user interface. The user interface has a LCD to show the necessary information to the user, some control buttons to navigate through the LCD menus, some sound and light emitter devices. The developed system has the ability to communicate trough Ethernet and RS232 a computer connection and RS485 and RS422 to communicate with a possible repeater and the fire detectors.

All these characteristics can be found in the systems that are being commercialized at the moment. However there are advantages unique of the system developed: a digital sound system that gives the user the possibility to record and play voice message and the secondary power supply that uses a single 12V battery, contrary to the other brands of fire detection systems that use two 12V batteries to provide the required 24V. Using one battery and low cost components has enabled us the opportunity to build a much more economical system.

After the analysis of the existing detectors, it was noticed that each detector brand have a different communication protocol with the corresponding fire detection system. This allowed us to conclude that it would be impossible to build a system compatible with a large number of detectors brands.

Nibble Engenharia Lda. decided that the solution for this problem is to build their own fire detectors and the associated proprietary communication protocol. However, this decision was taken late in the project and it became impossible to develop the detectors and the communication protocol. Nevertheless, the general architecture of the addressable detectors was proposed in the scope of the project.

Agradecimentos

- *À minha família pelo apoio que sempre me deu. Graças a vocês consegui cá chegar.*
- *A Branca Santos pela nossa união e pela felicidade que esta nos trouxe.*
- *A todos os amigos que viveram comigo a vida académica.*
- *Ao Engenheiro Nelson da Costa Silva que devido ao seu dinamismo e conhecimento em muito ajudou na minha aprendizagem.*
- *Aos Engenheiros José Azevedo e Manuel Reis pelo seu apoio, compreensão e bom ambiente criado no local de trabalho.*

Índice

Resumo	vii
Abstract	ix
Agradecimentos	xi
Índice	xiii
Índice de Figuras	xvi
Índice de Tabelas	xviii
Lista de acrónimos	xx
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 - Objectivos do Projecto	1
1.2 – Metodologia do Projecto	2
1.3 - Estrutura do Documento	2
Capítulo 2	4
Centrais e Equipamentos de Detecção	4
2.1 - Sistemas de Detecção de Incêndios	4
2.1.1 - Sistema Convencional	5
2.1.2 - Sistema Endereçável	5
2.1.3 – Sistemas Existentes no Mercado	6
2.2 – Sensores de detecção	6
2.2.1 - Detector de Temperatura.....	7
2.2.2 - Detector de Fumo	7
2.2.2 - Detector de Incêndios Existentes no Mercado	8
2.3 - Comunicação com os Sensores	8
2.4 - Detectores de Incêndios Nibble	9

2.4.1 - Estrutura Física	9
2.4.2 – Módulos de Comunicação.....	10
Capítulo 3.....	14
Especificação da Central	14
3.1 - Visualização e Identificação.....	16
3.1.1 - Indicações Sonoras.....	16
3.1.2 - Indicações por LED'S	16
3.1.3 - Indicações no LCD.....	17
3.2 - Interface	17
3.3 - Comunicação	18
3.4 - Unidade de controlo	18
3.5 - Alimentação	19
Capítulo 4.....	20
Implementação	20
4.1 - Desenvolvimento.....	20
4.1.1 - Módulo de Entradas	20
4.1.2 – Módulo de Saídas	23
4.1.3 - Módulo de Controlo.....	29
4.1.4 - Módulo de Comunicação	31
4.1.5 - Módulo de Alimentação	33
4.1.6 – PCI	43
4.2 - Apresentação	46
Capítulo 5.....	49
Conclusão.....	49
Bibliografia	51
Outros Documentos Bibliográficos	52
ANEXOS.....	54
Anexo 1 – Esquemático do módulo de alimentação.....	55
Anexo 2 – Esquemático do módulo de comunicações	56

Anexo 3 – Esquemático do módulo de saída	57
Anexo 4 – Esquemático do módulo de entrada	58
Anexo 5 – Esquemático do módulo controlo	59
Anexo 6 – Esquema PCI.....	60

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Arquitectura elementar de um sistema de detecção de incêndios	4
Figura 2.2 - Configuração básica de um sistema convencional	5
Figura 2.3 - Configuração básica de um sistema endereçável.....	6
Figura 2.4 - Detector e módulo de comunicação	9
Figura 2.5 - Rede de Comunicação	9
Figura 2.6 - Transmissão diferencial a dois fios.....	10
Figura 2.7 - Transmissão diferencial - anulação do erro	11
Figura 2.8 - Topologias de rede ZigBee - 1. Estrela - 2. Malha - 3. Árvore	12
Figura 3.1 - Ligação entre os diferentes módulos de construção	15
Figura 4.1 - Configuração <i>Sallen-Key</i> passa-baixo	21
Figura 4.2 - Filtro passa-baixo para microfone	22
Figura 4.3 - Divisão do LCD por áreas de informação distinta	23
Figura 4.4 - Exemplo do LCD em modo de alarme de incêndio	24
Figura 4.5 - Ligações do LCD à unidade de controlo	24
Figura 4.6 - Menus do LCD	25
Figura 4.7 - Esquema de accionamento dos relés	27
Figura 4.8 - Ligação dos fusíveis e das saídas 24V	28
Figura 4.9 - Painel frontal de Interface.....	28
Figura 4.10 - Esquemático do módulo de Ethernet	32
Figura 4.11 - Esquemático <i>Step-Down</i> 13.8V e monitorização da bateria	34
Figura 4.12 - Esquemático de monitorização da alimentação primária	35
Figura 4.13 - Funcionamento do integrado AP34063 e sua montagem como <i>Step-Down</i>	36
Figura 4.14 - Montagem básica de um circuito de <i>Step-Up</i> de fontes comutadas	37
Figura 4.15 - Onda de PWM	38
Figura 4.16 - Circuito de <i>Step-Up</i> implementado.....	38
Figura 4.17 - Corrente na bobina ao longo do tempo	39
Figura 4.18 - Circuito <i>step-up</i> com par <i>push-pull</i> como driver	41
Figura 4.19 - <i>Step-Up</i> com par <i>push-pull</i> e tensão negativa	42
Figura 4.20 - <i>Step-Up</i> com transistor PNP como driver do par <i>push-pull</i>	42
Figura 4.21 - Estrutura mecânica da PCI.....	44

Figura 4.22 - Disposição do LCD e espaçadores	45
Figura 4.23 - 1- Partes metálicas existentes na PCI; 2 - Componente metálico que encaixa por cima da PCI.....	45
Figura 4.24 – Face superior da PCI desenvolvida.....	46
Figura 4.25 – Face inferior da PCI desenvolvida.....	47

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - LEDs de Sinalização e respectiva cor	26
Tabela 4.2 - Distribuição dos pinos do microcontrolador	30
Tabela 4.3 - Vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas operativos.....	31
Tabela 4.4 - Consumo corrente nos diferentes níveis de tensão (unidades em mA).....	34
Tabela 4.5 - Comparação de condensadores.....	40
Tabela 4.6 - Relação entre largura de faixa e corrente para uma espessura de cobre de 35µm (1mil=0,0254mm).....	44
Tabela 4.7 - Prioridades e valor de tensão dos polígonos.....	44

Lista de acrónimos

<i>PWM</i>	<i>Pulse-width modulation</i>
<i>ADC</i>	<i>Analog to Digital Converter</i>
<i>JTAG</i>	<i>Joint Test Action Group</i>
<i>PCI</i>	<i>Placa de Circuito Impresso</i>
<i>DC</i>	<i>Direct current</i>
<i>SMD</i>	<i>Surface Mounted Devices</i>
<i>TBJ</i>	<i>Transistor Bipolar de Junção</i>
<i>MOSFET</i>	<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>
<i>SPI</i>	<i>Serial to Parallele Interface</i>
<i>LCD</i>	<i>Liquid Crystal Display</i>
<i>RTOS</i>	<i>Real Time Operating System</i>
<i>Ampop</i>	<i>Amplificador Operacional</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Objectivos do Projecto

Este projecto surge duma cooperação entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a NIBBLE – Engenharia, Lda. no âmbito da disciplina Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores.

A tecnologia deve evoluir com vista a ajudar o ser humano na sua vida quotidiana. Esta ajuda pode abranger as mais variadas áreas.

Dada a nossa vulnerabilidade face a catástrofes naturais, este projecto visa aumentar a segurança a nível da detecção de incêndios em edifícios de forma a transmitir uma maior segurança aos indivíduos que os utilizam e a minimizar os estragos provocados por um possível incêndio.

Os objectivos deste projecto são a especificação, desenvolvimento e implementação, a nível de hardware, de uma central de detecção de incêndios mais económica do que as que existem actualmente no mercado, tão eficiente como estas, com funcionalidades vantajosas a nível concorrencial e de forma a poderem ser utilizados o maior número de marcas de detectores possível.

O desenvolvimento deste trabalho engloba, não só todos os aspectos relativos à especificação e soluções de *hardware*, bem como o design e estrutura física do protótipo da PCI a apresentar.

1.2 - Metodologia do Projecto

Para o desenvolvimento da central de detecção de incêndios começou por se analisar e compreender o funcionamento de uma central de incêndio independentemente desta ser do tipo convencional ou endereçável. Com o conhecimento adquirido, e de forma a se efectuar uma especificação correcta e objectiva, analisaram-se as capacidades dos sistemas já existentes de forma a detectar as suas vantagens e limitações.

Além das características globais dos sistemas foram ainda analisados os diferentes protocolos de comunicação dos detectores, de forma a conhecer as marcas com as quais o sistema a desenvolver deve ser compatível.

Assim, juntando as características já existentes e a norma europeia referente às centrais de detecção de incêndios EN54, foi definido um conjunto de características que o sistema deve possuir, e um conjunto de limitações às quais o sistema se encontra sujeito. Estas especificações foram separadas em secções, as quais definem módulos que irão ser desenvolvidos e implementados.

Sabendo as características nas quais o projecto se irá basear, iniciou-se o desenvolvimento do sistema através da escolha de componentes e do dimensionamento de um circuito de controlo e interligação.

Antes de implementar o sistema, serão ainda analisados os custos inerentes ao material a utilizar. Tendo sido satisfatórios, deu-se início ao desenho do circuito num computador, a partir do qual se desenhou a PCI final do projecto.

Após construção do protótipo foi realizado o presente relatório.

1.3 - Estrutura do Documento

No documento a seguir apresentado, será feita uma análise teórica dos sistemas de detecção de incêndios e detectores mais utilizados. Uma vez que não foram implementados, será também apresentada a idealização dos detectores proprietários Nibble.

Após esta pequena introdução serão apresentadas as especificações do projecto obtidas através da análise dos sistemas já existentes no mercado e da norma EN-54 referente a centrais de detecção de incêndios. A norma referida foi analisada em pormenor uma vez que é bastante rigorosa quanto às características das centrais de incêndios, tanto a nível de funcionamento como a nível de apresentação e interface com o utilizador.

Os capítulos de especificação e de implementação, foram divididos de forma a melhor se apresentar a informação e distinguir os diferentes módulos de construção.

No capítulo de implementação foi ainda acrescentado dois subcapítulos referentes à elaboração da placa de circuito impresso e à apresentação do protótipo desenvolvido.

Capítulo 2

Centrais e Equipamentos de Detecção

,

2.1 - Sistemas de Detecção de Incêndios

Os sistemas de detecção de incêndios são denominados de convencionais ou analógicos (endereçáveis). Estes diferenciam-se quanto à capacidade de suportar dispositivos, de identificar o local exacto da detecção e de determinar os níveis de fumo ou calor (dependendo do método de detecção) captados no local onde existe o foco de incêndio.

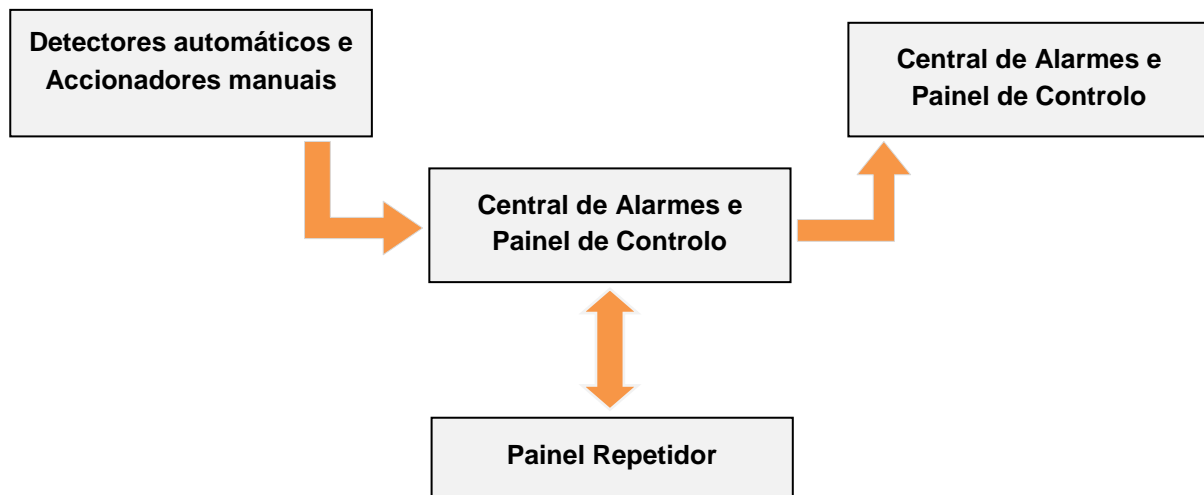


Figura 2.1 - Arquitectura elementar de um sistema de detecção de incêndios

2.1.1 - Sistema Convencional

Num sistema convencional, os diferentes dispositivos de entrada são ligados em paralelo num circuito fechado. Em regra, cada circuito constitui uma zona de alarme que também pode ser denominada de loop.

Ao actuar, um detector introduz uma resistência no circuito, o que leva à passagem de uma corrente específica, e conseqüentemente a central a entrar em alarme.

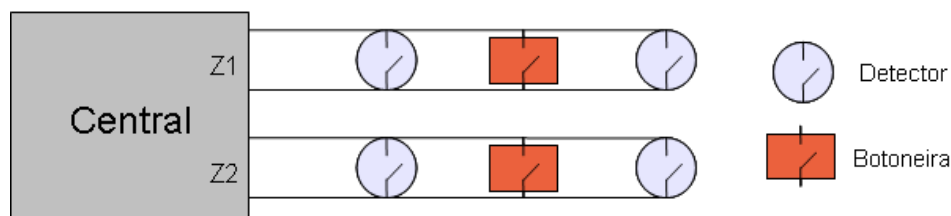


Figura 2.2 - Configuração básica de um sistema convencional

A indicação da zona em que houve detecção é dada por LED's ou por um LCD, num painel que serve de interface com o utilizador, onde também se encontram botões para comandar e programar a central. Neste tipo de sistemas não é possível conhecer qual ou quais os detectores que se encontram activos, a não ser que se verifique directamente no detector (um LED vermelho pisca rapidamente ou permanece aceso quando o detector está em alarme), o que numa situação real não seria praticável.

2.1.2 - Sistema Endereçável

Num sistema endereçável cada dispositivo ligado ao painel de controlo tem um endereço digital, configurado no dispositivo (por *hardware*) ou na central (por *software*). Isso permite a identificação precisa do detector que se encontra activo.

Neste tipo de sistemas podem ser ligados um elevado número de dispositivos (detectores, sirenes e módulos diversos) ao loop, sendo as diferentes zonas criadas logicamente, escolhendo-se a partir da central quais os detectores pertencentes a uma determinada zona. O estado dos dispositivos é continuamente monitorizado pela central (mestre) que comunica com todos os dispositivos do loop (escravos) sequencialmente, interrogando-os sobre a sua condição.

A existência de um painel repetidor, instalado numa entrada segura do edifício, permite visualizar o estado do sistema bem como realizar o controlo do mesmo. A sua função é reproduzir as informações do painel existente no gabinete da central, de forma a que se possa avaliar correctamente a situação do sistema e a progressão do incêndio mesmo que este se localize longe da central.

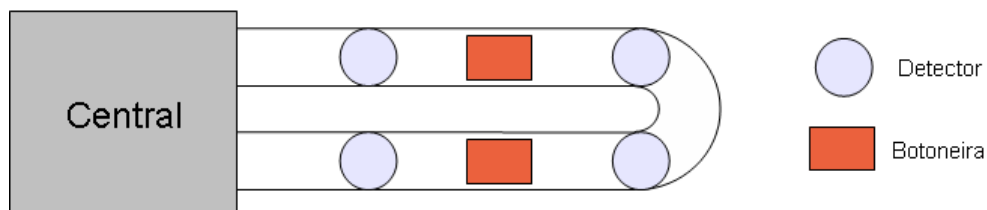


Figura 2.3 - Configuração básica de um sistema endereçável

Neste tipo de sistemas é possível haver uma quantificação dos níveis de fumo e/ou calor nos detectores, permitindo desta forma a existência de níveis de pré-alarme, isto é, permite que a central saiba quando um detector está próximo de uma condição de alarme. Tipicamente, esse nível é de 80 % do nível de alarme.

2.1.3 – Sistemas Existentes no Mercado

Como referido, já existe no mercado uma vasta gama de detectores de incêndios.

Dois dos maiores concorrentes que existem neste campo são a Global Fire [1] ou a Rafiki Protection [2], uma vez que se dedicam exclusivamente à segurança contra incêndios. Possuem uma vasta gama de centrais e detectores quer sejam convencionais ou analógicos.

De notar que no entanto este tipo de equipamentos possui custos bastante elevados, ultrapassando muitas vezes um milhar de euros exclusivamente para a central. Claro está que será ainda necessário comprar detectores, botoneiras e sinalizadores compatíveis com a central adquirida.

A grande vantagem da central a desenvolver será o facto de esta ter aproximadamente metade do custo médio referido. Esta diminuição do custo será efectuada através da utilização do menor número de componentes possível sem que o correcto funcionamento da central seja afectado.

Uma vez que a fonte secundária de alimentação não se encontra incluída nos custos das centrais, uma grande vantagem será o facto de a central a desenvolver possuir apenas uma bateria, enquanto os produtos seus concorrentes possuem duas.

Outra característica que poucas centrais possuem é a possibilidade de comunicação *Ethernet*, protocolo este que será possível utilizar através da central Nibble.

2.2 - Sensores de detecção

O fogo é um tipo de combustão fruto de uma reacção química em cadeia que se desenvolve sempre que houver combustível (matéria para queima), oxigénio (comburente) e calor. Dessa combustão resultam alguns produtos (gases, calor, chamas e fumo) que se encontram presentes em maior ou menor quantidade, dependendo do material e das condições ambientais onde ocorre o incêndio.

Estes produtos resultantes influenciam fortemente a decisão do tipo de sensor a utilizar.

2.2.1 - Detector de Temperatura

Este detecta a subida da temperatura do ar dentro de determinada área onde se encontra instalado. Divide-se em dois tipos: térmicos e termovelocimétricos.

Enquanto os detectores térmicos entram em operação quando a temperatura ultrapassa o valor para o qual foram projectados (normalmente entre 57 °C e 93 °C), os detectores termovelocimétricos entram em operação se a velocidade de ascensão da temperatura superar uma taxa fixa (normalmente de 7 a 8 °C por minuto), havendo também uma temperatura máxima acima da qual entrarão em alarme, como num detector térmico.

Em ambos os tipos de detectores, a medição da temperatura pode ser efectuada através de termístores, dilatação de ligas metálicas e/ou baseados na acção pneumática do ar aquecido dentro de uma câmara accionando determinados contactores.

2.2.2 - Detector de Fumo

Dividem-se em três tipos: fotoeléctricos, iónicos ou combinados.

Os detectores fotoeléctricos ou ópticos são sensíveis a fumos densos (partículas de 0,4 a 10 microm de tamanho) produzidas tipicamente por incêndios de plásticos, papel, espumas, madeiras e outros materiais que tendem a queimar lentamente. Baseiam-se na emissão de radiação de infravermelho dentro de uma câmara existente no dispositivo. Em condições normais essa radiação não atinge o fotodíodo colocado em posição diagonal ao emissor. O fumo dentro da câmara difunde a luz da radiação infravermelha fazendo com o que o fotodíodo seja atingido e entre em condução gerando assim a detecção.

Os detectores iónicos reagem melhor a fumos cujas partículas sejam pequenas (0,01 a 0,4 microm), podendo detectar certos produtos invisíveis a olho nu (gases combustíveis).

O detector possui um pequeno disco de material radioactivo (Americium 241) encapsulado numa câmara metálica. Esse material emite partículas carregadas positivamente que ionizam as moléculas de oxigénio e nitrogénio do ar entre dois eléctrodos polarizados, estabelecendo uma corrente entre eles. As partículas de fumo ao entrarem na câmara agregam-se aos iões carregados neutralizando-os e levando a uma diminuição da corrente, gerando a partir daí uma condição de alarme no dispositivo.

É o tipo de sensores mais indicado para incêndios que se desenvolvem com maior velocidade e com pouco fumo visível.

Como o próprio nome indica, o detector combinado, combina mais do que uma lógica de detecção no mesmo dispositivo. Pode ser configurado para actuar se ocorrer detecção por uma ou pelas duas lógicas simultaneamente.

2.2.2 - Detector de Incêndios Existentes no Mercado

Existe um grande número de marcas de sensores no mercado, no entanto, a maioria das empresas não se dedicam exclusivamente ao fabrico exclusivo de detectores, mas sim à área de segurança contra incêndios possuindo desta forma detectores e centrais de detecção.

Quando falamos de detectores convencionais, estes não necessitam, como já referido, de um protocolo de comunicação. Assim, os parâmetros que mudam entre marcas de detectores são por exemplo os níveis de corrente que indicam se o detector se encontra activo. De notar que embora estes parâmetros variem de marca para marca, são bastante idênticos sendo de fácil integração num sistema, desde que sejam feitos alguns ajustes na central.

Isto não acontece quando se tratam de detectores analógicos ou endereçáveis. Uma vez que estes se integram numa rede de comunicação, necessitam de um protocolo de comunicação através do qual as centrais endereçáveis devem responder e transmitir dados. Assim, o protocolo de comunicação com os detectores tornou-se proprietário de cada marca, o que dificulta o meio de comunicar com todos os detectores através de uma mesma central.

Uma das poucas marcas que se dedicam exclusivamente ao desenvolvimento de detectores, é a Apollo [3]. Esta marca encontra-se largamente implementada no mercado utilizando os protocolos proprietários XP95 e Discovery.

No entanto, como não foi possível parceria com a Apollo, por razões explicadas no último capítulo, a única solução encontrada para haver compatibilidade com os detectores foi o desenvolvimento de detectores e de um protocolo de comunicação sendo estes proprietários da empresa Nibble.

Surgiu assim a hipótese de guarnecer o nosso sistema com mais uma vantagem concorrencial que foi a possibilidade de implementar detectores *wireless*, que até ao momento não se encontram no mercado.

2.3 - Comunicação com os Sensores

Verificou-se que a maioria dos fabricantes de sensores desenvolve o seu próprio protocolo de comunicação. Este facto torna o objectivo de tornar o sistema suficientemente dinâmico para se poder utilizar uma vasta gama de marcas de sensores, mais complexo.

Deste modo é necessário realizar uma análise de mercado das marcas mais utilizadas de forma a tornar o sistema a desenvolver o mais compatível possível com as marcas mais vendidas. As marcas que mais se destacaram foram a Apollo e a Hochiki.

Foram contactadas outras marcas que já possuem centrais de detecção (que utilizam os seus próprios sensores); no entanto, a grande maioria destas não se mostraram disponíveis para discutir a utilização dos seus sensores na central a desenvolver.

2.4 - Detectores de Incêndios Nibble

2.4.1 - Estrutura Física

Sempre com vista ao alargamento da aplicabilidade do sistema, foi avaliada a implementação de sensores, que através de módulos distintos permitissem diferentes tipos de comunicação com a central.

Esses módulos serão aplicados a detectores genéricos da seguinte forma:

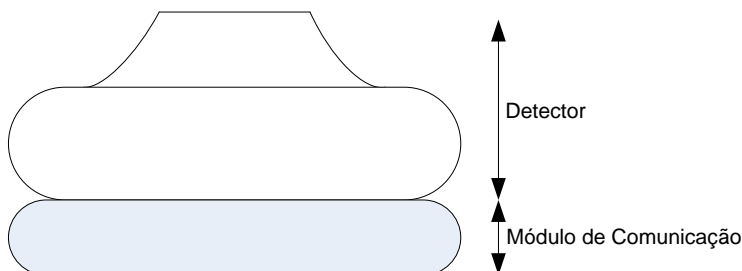


Figura 2.4 - Detector e módulo de comunicação

Assim apenas variando o módulo de comunicação podemos ter diferentes tipos de comunicação, como por exemplo RS485-422 para locais acessíveis por cabo e *ZigBee* para locais onde anteriormente os custos de cabo poderiam ser bastante elevados. Obtemos desta forma uma rede de comunicação semelhante à Figura 2.5.

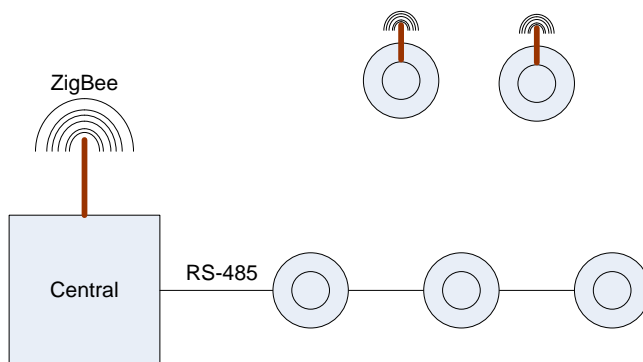


Figura 2.5 - Rede de Comunicação

É no entanto necessário que, sendo este um sistema de segurança, os sistemas com autonomia limitada como é o caso dos detectores zigbee (pois necessitam de baterias locais), sejam evitados.

2.4.2 – Módulos de Comunicação

2.4.2.1 - RS-485

Apesar do protocolo RS-232 ser a interface mais utilizada para comunicação série, possui as suas limitações.

O *standard* RS-485 é capaz de fornecer uma forma bastante robusta de comunicação multiponto, que cada vez mais tem sido utilizada na indústria para o controlo de sistemas em que a quantidade de dados a transmitir é baixa e com taxas de comunicação até 10Mbps.

No protocolo RS-232, os sinais são representados por níveis de tensão referentes à massa. Existem dois fios, um de transmissão e outro de recepção de dados e um terceiro correspondente à massa. Este tipo de interface é bastante útil em comunicações ponto-a-ponto a baixas velocidades de transmissão. Uma vez que necessita de um cabo de referência comum entre os dispositivos, o comprimento do cabo não pode exceder algumas dezenas de metros.

As principais limitações deste protocolo são a interferência a que se encontra sujeito e a resistência do cabo.

O *standard* RS-485 utiliza um princípio diferente de funcionamento. Neste caso, apresenta apenas dois fios que são utilizados para uma transmissão diferencial, ou seja, um dos cabos transmite o sinal existente no outro invertido, como pode ser verificado na Figura 2.6.

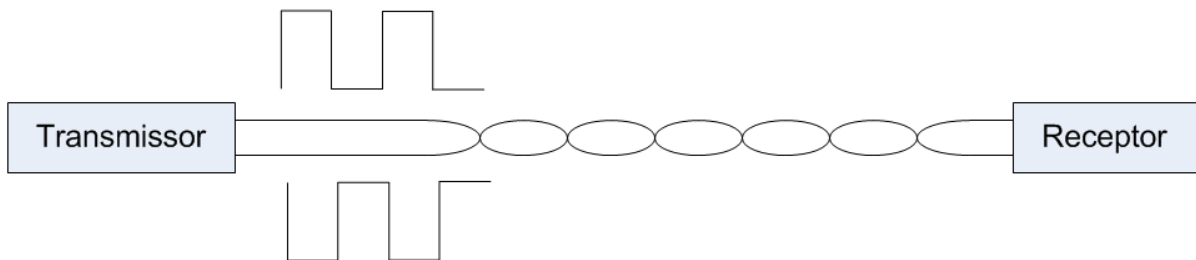


Figura 2.6 - Transmissão diferencial a dois fios

Verificamos assim que o nível lógico transmitido é determinado pela diferença de tensão entre os fios. Esta aparente redundância de informação transmitida, é bastante útil pois torna a comunicação muito robusta como podemos ver na Figura 2.7.

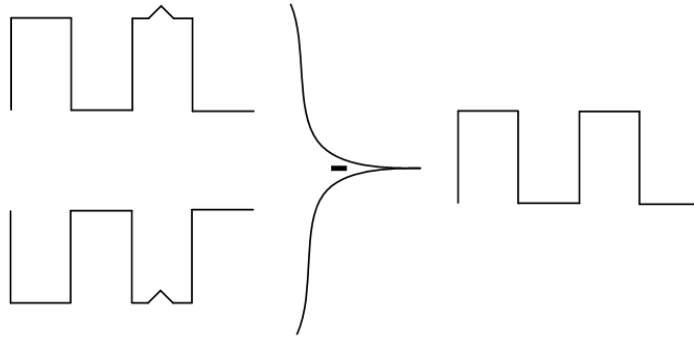


Figura 2.7 - Transmissão diferencial - anulação do erro

Como podemos ver, uma interferência num dado local do cabo afecta os dois cabos de transmissão. Quando se realiza a diferença entre os dois sinais para calcular o valor lógico actual, esse ruído é anulado.

Dada esta robustez, o protocolo RS485 permite um alcance que pode chegar aos 1200 metros com uma taxa de transmissão aproximadamente de 100Kbps. De notar que a taxa de transmissão pode aumentar caso a distância de transmissão diminua, chegando mesmo aos 10Mbps para uma distância de 12 metros. O RS485 é uma comunicação *Half-Duplex* que pode ser estabelecida a dois ou quatro cabos (dois para a emissão e dois para a recepção). Uma grande vantagem deste protocolo reside no facto de permitir até 32 mestres e 32 escravos sem algum repetidor, o que não acontece no standard RS232.

2.4.2.2 - ZigBee

O ZigBee é um protocolo de comunicações *wireless* do *standard* IEEE 802.15.4, criado pela ZigBee Alliance.

Contraopondo-se aos elevados débitos oferecidos por outras tecnologias (como Bluetooth ou o WiFi), o ZigBee pretende associar a transmissão de dados sem fios a um reduzido consumo energético e com elevada fiabilidade. Com uma vasta área de aplicação, desde o controlo industrial à automação de residências (*domótica*), o protocolo ZigBee possui determinadas características que o tornam absolutamente distinto dos restantes, sustentando os motivos que levaram à sua criação.

Alguns desses motivos são apresentados de seguida:

- Reduzido consumo de energia e possibilidade de um *duty cycle* muito baixo nos *transceivers*;
- Pilha protocolar de implementação mais simplificada, face a outros protocolos;
- Diferentes topologias de rede admissíveis (árvore, estrela, malha) assim como o estabelecimento de ligações “ad-hoc”;
- Possibilidade de suportar uma elevada densidade de nós por rede (≥ 65000);

- Baixa latência;
- Transferência fiável de dados com níveis apropriados de segurança.

O ZigBee opera em três bandas de rádio conhecidas como ISM (Industrial, Scientific and Medical), as quais estão isentas de licenciamento.

Consoante a banda, varia a taxa de transmissão possível: em 2.4Ghz podem ser obtidas taxas de transmissão de 250Kbps, com 16 canais disponíveis; a 915Mhz, está disponível uma taxa de transmissão de 40Kbps e 10 canais de comunicação; no caso de 868Mhz, possibilita 1 canal e uma taxa de transmissão de 20Kbps.

Visto ser um protocolo bem definido, importa detalhar cada uma das topologias de rede admitidas pelo ZigBee. Uma vez que este standard perspectiva a rede de uma forma *ad-hoc*, não existe uma topologia predeterminada nem um controlo obrigatoriamente “centralizado”.

Existem 3 topologias de rede que serão definidas de seguida.

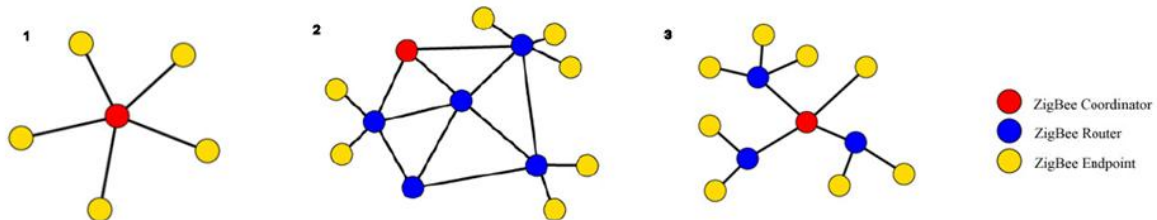


Figura 2.8 - Topologias de rede ZigBee - 1. Estrela - 2. Malha - 3. Árvore

Rede em Estrela (*Star*)

É ao ZigBee Coordinator que cabe todo o controlo da rede, assumindo este um papel central e de comunicação directa com todos os dispositivos Endpoint – é portanto o Coordinator que inicia e mantém os dispositivos na rede. Toda a informação em circulação na rede passa pelo nó Coordinator.

Rede em Malha (*Mesh*)

Numa topologia em malha os dispositivos do tipo FFD (Coordinator/Routers) são livres de comunicar com outro dispositivo FFD. Isto permite, quando necessária, a expansão física da rede (maior alcance). O Coordinator regista toda as entradas e saídas dos dispositivos, mas não assume um papel tão importante em termos de fluxo de informação como na configuração anterior.

Rede em Árvore (*Cluster Tree*)

À semelhança da rede em malha, também são usados dispositivos Router. No entanto, nesta topologia efectua-se a distribuição de dados e mensagens de controlo numa estrutura hierárquica, onde o Coordinator assume o papel de nó “nuclear” da rede.

Independentemente da topologia utilizada existem dois modos de funcionamento de uma rede ZigBee: modo de *beaconing* e modo de *non-beaconing*.

No modo *beaconing*, os nós ZigBee Routers transmitem periodicamente sinalização (*beacons*) a confirmar a sua presença aos outros nós da mesma rede, sendo que os restantes nós só necessitam de estar activos no momento da sinalização. Tal permite mantê-los no modo *sleep* entre sinalizações, com evidente vantagem em termos de consumo energético (diminuem o seu *duy cycle* e, conseqüentemente, prolongam a autonomia da bateria a que possam estar ligados).

No modo *non-beaconing* sucede que a maioria dos dispositivos mantém os seus receptores permanentemente activos, sendo o consumo energético mais significativo (podendo tornar necessárias fontes de alimentação mais robustas).

Capítulo 3

Especificação da Central

A especificação do projecto é orientada pela norma EN54, principalmente pelos módulos 2 e 4 do referido *standard*. Segundo a norma, a central possui quatro níveis de acesso, que devido a serem referidos ao longo da especificação passam a ser explicados.

De notar que durante a especificação do sistema, não serão indicados todos os parâmetros contidos na norma, apenas os mais importantes contemplados ao longo da especificação.

O acesso ao primeiro nível de utilizador, deve ser efectuado sem qualquer intervenção do operador. Este possui permissões para supervisionar o sistema e espera-se que seja o responsável por investigar e responder a um alarme de incêndio e a uma falha da central.

O segundo nível de acesso, é utilizado por indivíduos com responsabilidade pela segurança sendo treinados e autorizados a funcionar com a central de incêndio nas suas cinco condições de funcionamento: condição de alarme, de repouso, de falha, de inactividade e de teste. O acesso a este nível de utilização é definido pelo cliente aquando da aquisição do equipamento e pode ser feito de duas formas: através da introdução de um código no painel de interface ou através de uma chave (este último torna o sistema mais dispendioso). Neste nível de acesso, deverão também estar disponíveis todos os parâmetros acessíveis no nível um de controlo.

O seguinte nível de acesso pode apenas ser utilizado por pessoas treinadas e autorizadas para reconfigurar as informações locais contidas na central de incêndio ou controladas por esta (etiquetagem, definição de zonas, organização de alarmes) e manter a central de acordo com as instruções do fabricante. Visto este tipo de programação condicionar o funcionamento da central o método de acesso ao terceiro nível apenas é possível após a abertura da caixa da central e da colocação de um *jumper* entre dois pinos do PCI.

O último nível de acesso, só pode ser acedido por indivíduos treinados e autorizados pelo fabricante e é utilizado para actualizar o *firmware* da unidade de controlo. Este nível de permissão encontra-se acessível através de ferramentas específicas de *hardware* e/ou *software*.

O sistema terá os seguintes módulos principais de construção: alimentação, visualização e identificação, interface, comunicação e unidade de controlo. Estes ligam-se de uma forma bastantes específica que será apresentada na seguinte figura:

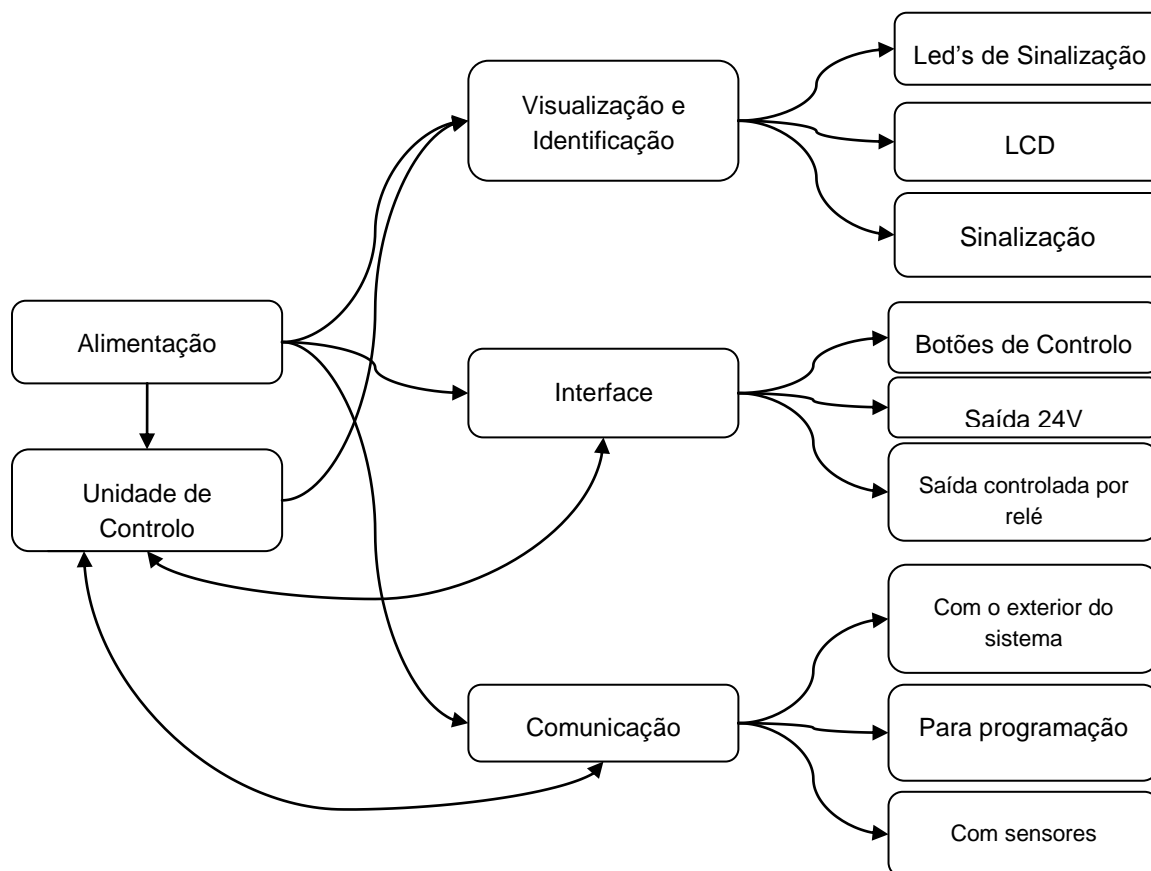


Figura 3.1 - Ligação entre os diferentes módulos de construção

Em todo o projecto deve ter-se em conta o consumo de energia, que deve ser o menor possível.

Serão em seguida apresentadas as especificações referentes aos diferentes módulos de construção a desenvolver.

3.1 - Visualização e Identificação

Existirão três tipos diferentes de sinalização por LED's, através de um LCD e por som.

Quanto à identificação dos diferentes estados de funcionamento, a norma é bastante rigorosa. Como já referido, existem os seguintes modos de funcionamento da central: alarme de incêndio, falha geral, inactividade, repouso e modo de teste. Todos os modos excepto o de repouso podem encontrar-se activos ao mesmo tempo.

Num alarme de incêndio devem ser emitidas sinalizações sonoras luminosas e deve haver informação referente ao acontecimento no LCD. Só um utilizador de nível dois tem permissões para silenciar um alarme de incêndio.

Aquando de uma falha geral deve indicar a razão da mesma, podendo esta ser devido a: curto-circuito ou interrupção em qualquer local, remoção de um ponto, falha alimentação da rede, fugas para a massa e/ou ruptura de fusível ou disparo de um aparelho de protecção. A indicação de uma falha deve ser sonora e luminosa ou indicada no LCD. Ao contrário do que acontece em caso de alarme de incêndio, um utilizador de nível um pode silenciar uma falha geral.

3.1.1 - Indicações Sonoras

Existirão três tipos de sinalizações sonoras.

Um *buzzer* para indicação, no local onde se encontra a central, da existência de algum problema com a central indicando localmente um alarme, uma falha e/ou um *feedback* quando se carrega num botão de controlo.

Uma Sirene que é um aparelho ligado externamente à central através de uma saída de 24V exclusiva para este tipo de equipamentos. É utilizada exclusivamente quando se dá um alarme de incêndio.

Como sistema opcional poderá também existir um altifalante que tem a função de reproduzir mensagens previamente gravadas. Este tipo de sinalização pode ser útil para que um utilizador saiba automaticamente o acontecimento actual sem ter que se aproximar da central podendo desta forma agir mais rapidamente.

3.1.2 - Indicações por LED'S

Deve existir uma indicação de que o sistema se encontra ligado, um outro que indica se este se encontra alimentado pela fonte primária e ainda mais dois que indicam os dois sinais mais importantes para o utilizador da central: alarme geral e falha geral. Todas as outras indicações podem ser apresentadas através de LED's, no entanto, não podem colidir com os parâmetros obrigatórios da norma.

Se LED's intermitentes forem utilizados, a sua cadência é bem definida pela norma e deverá ser a seguinte: 1Hz para alarmes de incêndio e 0,2Hz para alarmes de falha.

3.1.3 - Indicações no LCD

O LCD tem que ter pelo menos uma janela bem definida, sendo esta constituída por dois campos: um composto por 16 caracteres para mostrar o local onde se encontra a ocorrer o incêndio e um outro com 40 caracteres onde se complementa a informação descrita no primeiro campo. Independentemente da ocorrência, todos os modos de funcionamento deverão estar acessíveis nos menus do LCD, possuindo cada um destes, um ecrã descritivo do mesmo.

Em condição de alarme, o LCD deve pelo menos mostrar a primeira zona que entrou em alarme num campo superior, a última a entrar num campo inferior e o número de zonas em alarme (estas duas últimas permanentemente). No entanto a informação sobre as zonas activas têm de se encontrar acessíveis através dos menus do LCD. Neste modo de funcionamento, toda a informação do LCD que não seja referente ao alarme de incêndio, deve ser suprimida, permanecendo acessível através da intervenção do utilizador nas teclas de interface e no LCD. Em modo de inactividade o LCD deve apresentar as zonas, detectores e/ou componentes inactivos.

De forma a poupar energia o LCD desligar-se-á um minuto após a completa inactividade do teclado a menos que esteja a ocorrer um alarme. A acção sobre qualquer das teclas de interface irá ligar o mostrador.

3.2 - Interface

A interface com o utilizador será constituída por um painel que contém os indicadores já referidos (LED's de identificação e LCD), um conjunto de teclas que permitam a manipulação do sistema, duas saídas de 24Vdc e duas saídas controladas por relé (onde se podem ligar dispositivos de 230Vac @ 50Hz).

Como já referido uma das saídas de 24V é utilizada para a ligação de uma sirene externa a central.

A central de detecção de Incêndios deve possuir um conjunto de teclas direccionais e uma tecla de confirmação para permitir uma fácil navegação nos diferentes menus do LCD. Deve também haver duas teclas, uma para silenciar o buzzer e outra para silenciar a sirene de alarme. A partir do nível dois de acesso deve também encontrar-se acessível uma tecla que permite reiniciar o sistema.

Por fim deve ainda possuir uma tecla de modo de dia que tem o objectivo de activar e desactivar o referido modo de funcionamento. O modo de dia é um modo de funcionamento da central (diferente dos já referidos tanto no contexto como na aplicação) que visa implementar um nível de pré-alarme devido a existência de luminosidade a mais no sistema de detecção. Durante o dia, a luz pode provocar a activação de um detector, lançando um alarme. Com o modo de dia activado, o detector activado lança o pré-alarme que permite ao utilizador verificar a veracidade da informação sem causar problemas e inquietações entre os utilizadores do edifício sem necessidade.

Uma maior quantidade de teclas pode ser implementada se a relação custo-benefício for favorável.

3.3 - Comunicação

Irá ser implementado um módulo Ethernet que nos permita ligar a central por rede a um computador, tornando o sistema acessível a partir de locais remotos e/ou através da Web. Esta comunicação pode também servir para programação da central através de um computador externo.

Haverá também necessidade da existência de um método de comunicação com a unidade de controlo de forma a poder proceder à sua programação e actualização do software da mesma.

Muitos dos sistemas já existentes possuem também repetidores. Assim no sistema a desenvolver, terá de ser implementado um módulo de comunicação para que, numa possível expansão do sistema, apenas seja necessário desenvolver o repetidor em causa sem alterar o *hardware* da central.

Um protocolo de comunicação com os aparelhos de detecção e sinalização será também necessário, de forma a haver um correcto funcionamento entre a central e os vários equipamentos.

3.4 - Unidade de controlo

A unidade de controlo será baseada num microcontrolador com capacidade de gerir todo o sistema. De forma a facilitar o processo de programação e gestão da central, será utilizado um RTOS, ou seja, um sistema operativo que pode ser implementado em microcontroladores destinado à execução de múltiplas tarefas facilitando o controlo em tempo real.

Uma tarefa é um conjunto de código que não sabe quando é que vai ser executado ou interrompido, tendo no entanto um tempo de resposta a um evento (externo ou interno) que é pré-definido. Se esse prazo de tempo não for cumprido há um falha no sistema.

O *multi-tasking* permite a calendarização de tarefas. Estas podem ser interrompidas a qualquer momento, sendo retomadas posteriormente.

Num RTOS, cada tarefa tem um grau de prioridade, e a única coisa que é garantida pela calendarização do sistema operativo é que a essa tarefa lhe seja atribuída tempo de execução. Tarefas com o mesmo grau de prioridade partilham o tempo do CPU.

Os RTOS facilitam a concepção de sistemas em tempo real, não garantindo no entanto que o resultado final seja um sistema em tempo real. Para tal é necessário que o programa implementado tenha sido correctamente desenvolvido.

Um RTOS é mais valorizado pela forma previsível e rápida na resposta a um evento, do que pela quantidade de dados que processa. As grandes vantagens de um RTOS são fornecer latências de interrupções e de alternância de tarefas mínimas.

3.5 - Alimentação

De forma a respeitar a norma, a alimentação deverá ser feita de duas formas: pela rede (alimentação principal) e através de uma bateria (alimentação secundária). Deve ainda ser permitido à unidade de controlo, a verificação de qual o tipo de alimentação actual da central.

Serão necessários diferentes níveis de tensão no sistema: 24V de forma a alimentar as duas saídas de 24V e permitir a activação das saídas controladas por relé; 13,8V de forma a recarregar a bateria; 5V para alimentar a unidade de controlo e possivelmente alguns componentes de sinal.

É possível que venham a ser necessários um ou mais níveis de tensão diferentes dos referidos, pois podem existir alguns componentes que necessitam de alimentação com valores diferentes dos indicados.

De notar que o sistema de alimentação deve permitir a recarga da bateria até pelo menos 80% da sua carga máxima ao fim de 24 horas e completamente carregada ao fim de 48 horas. O sistema deve manter a carga da bateria e esta não deve ser descarregada enquanto a tensão de alimentação for superior à tensão da mesma.

Segundo a norma, a central só pode deixar de carregar a bateria caso haja um pedido de corrente muito elevado e por um curto período de tempo.

Capítulo 4

Implementação

4.1 - Desenvolvimento

Apesar da PCI se encontrar preparada, alguns dos módulos não serão montados em todos os sistemas comercializados, sendo portanto sistemas opcionais com custo acrescido. É o caso do uso da chave de acesso, da colocação de 2 relés (um relé é a opção base) e do módulo de gravação e reprodução de voz.

Ao longo do desenvolvimento foram dimensionados os diferentes módulos especificados no capítulo 3.

A montagem do cristal externo não será efectuada apesar de ser contemplada no esquemático, com vista a possíveis expansões. Utiliza-se portanto o cristal interno do microcontrolador, que é suficiente para o bom funcionamento do sistema, poupando deste modo alguns componentes.

Apesar de existir mais do que um componente a comunicar por SPI com a unidade de controlo, não há colisão de informação, pois cada um dos componentes tem um sinal de selecção.

4.1.1 - Módulo de Entradas

Existem três tipos de entradas diferentes: entradas do sistema, entradas de acesso e entrada de som.

Foi analisada a hipótese de implementar um painel alfanumérico (semelhante ao de um telemóvel) de forma a haver uma utilização da central mais intuitiva. No entanto, após a descrição dos tipos de acesso que a central irá ter, verificou-se que esse acréscimo no custo global não é compensatório. Desta forma decidiu-se implementar apenas um conjunto de teclas direccionais e uma de confirmação como referido na especificação.

Os dois primeiros tipos de entradas encontram-se ligados a dois shift-register 74HC165D. Este shift-register foi escolhido pois além de cumprir as especificações desejadas, é utilizado em vários projectos existentes na empresa, o que o torna mais económico.

Este componente liga-se à entrada MISO da comunicação SPI existente na unidade de controlo.

De notar que o integrado recebe informação via dois pinos (um deles negado); no entanto, visto que a actualização das saídas pela unidade de controlo é muito rápida, não há necessidade de ocupar mais um pino no microcontrolador. Não se utiliza uma das entradas, ligando-a à massa.

De notar que o acesso de nível dois é identificado por um *jumper* pois trata-se do bloco opcional para acesso a este nível através de chave. Na verdade não serão colocados os dois pinos correspondentes ao *jumper*, apenas será ligado a cada uma das perfurações da PCI um fio proveniente da chave.

Para a entrada de som foi utilizado um microfone POM5246P. A sua implementação envolveu o dimensionamento de um filtro activo de *Butterworth* de segunda ordem que é um filtro com o ripple muito reduzido em ambas as bandas passante e de corte, aproximando-se de zero nesta última.

Utilizou-se a topologia *Sallen-Key* para realizar o seguinte filtro:

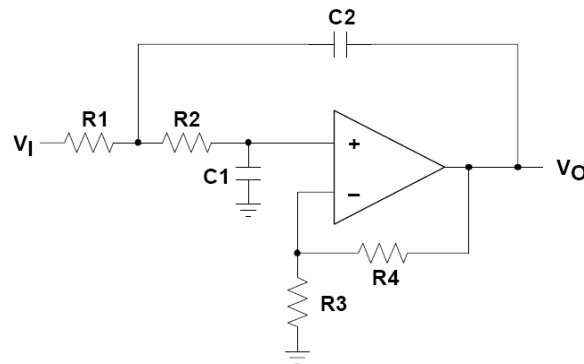


Figura 4.1 - Configuração *Sallen-Key* passa-baixo

Segundo a topologia utilizada [4], a função de transferência de uma montagem deste tipo é a seguinte:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R_3 + R_4}{R_3}}{s^2(R_1R_2C_1C_2) + s(R_1C_1 + R_2C_1 - R_1C_2(\frac{R_4}{R_3})) + 1} \quad (1)$$

Assim [4], sabendo que a forma básica de uma função de transferência no domínio das frequências de um filtro activo de segunda ordem é a seguinte,

$$H = \frac{K}{-(\frac{f}{f_c}) + j\frac{f}{Q \times f_c} + 1} \quad (2)$$

obtêm-se as equações utilizadas para o cálculo da frequência de corte e do factor Q.

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}{R_1C_1 + R_2C_1 - R_1C_2\left(\frac{R_4}{R_3}\right)} \quad (4)$$

Fazendo $R_1=R_2=100k\Omega$, $C_1=C_2=C$ e o ganho unitário, ou seja $R_4=0$, temos $Q=0,5$:

Assim pela equação 3, sabendo que a frequência de corte é de 20kHz, obtemos o valor de C:

$$C = 79,6pF \quad (5)$$

Desenhou-se então o circuito representado na seguinte figura:

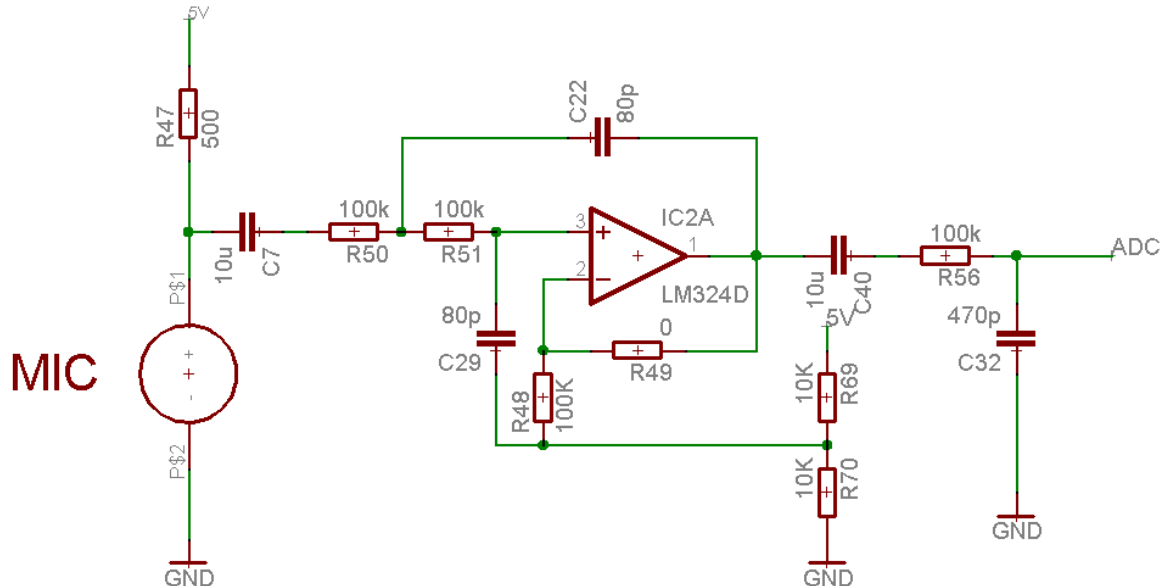


Figura 4.2 - Filtro passa-baixo para microfone

De notar que neste caso não estamos a utilizar a massa como referência mas sim os 2,5V. Este facto apenas levará a que o ampop saturar para tensões superiores a 2,5V, e não influenciará o efeito de corte do filtro.

Os condensadores C7 e C40 são condensadores de desacoplamento já que a variação do valor de referência e o divisor resistivo realizado a partir das resistências R69 e R70, permitem a obtenção de referência de 2,5V.

Os componentes R56 e C32 realizam um filtro passa-baixo passivo, com frequência de corte igualmente aos 20kHz, que é a frequência máxima de performance aceitável do componente. Assim obtém-se um filtro de ordem 3 à frequência de 20kHz.

De notar que para gravar voz sem utilizar compressão (o que tornaria a programação mais complexa e utilizaria uma grande parte da memória do microcontrolador), será necessária uma

memória flash externa ao microcontrolador. Para isso foi utilizado o integrado AT45BD, que é uma memória flash de 8 Megabits.

Esta memória foi escolhida pois permite a comunicação SPI com o microcontrolador e possui capacidade suficiente para curtas mensagens. Além deste facto, este componente encontra-se em utilização noutro projecto da empresa, ficando portanto mais económico.

Este componente tem a desvantagem de necessitar de uma alimentação entre 2,7V e 3,6V. Este facto irá, como veremos mais à frente, ser resolvido, pois existirão mais componentes neste caso. Assim irá ser realizado um circuito de Step-Down para 3.3V.

4.1.2 – Módulo de Saídas

Mesmo possuindo um LCD, foram utilizados os LED's de falhas. Isto acontece pois apesar das falhas poderem ser indicadas no LCD, muitas delas deveriam ser suprimidas quando há indicação de alarme geral. Desta forma, e apesar de encarecer o sistema, conseguimos obter uma melhor indicação de falhas mesmo que esteja a ocorrer um incêndio e por isso esse sinal esteja activo.

Devido à quantidade de informação que é necessária mostrar, foi analisada a hipótese de utilizar uma LCD alfanumérico de 4 linhas e 40 caracteres, no entanto, este facto iria provocar um aumento significativo de custo. Assim o LCD escolhido é alfanumérico da marca *Crystal Clear Technology* de 4 linhas e 20 caracteres por linha com a referência de fabricante CMC 420. Este LCD foi escolhido porque cumpre com as especificações normativas e porque já se encontra em utilização em outros projectos da empresa, tornando o equipamento mais económico.

Além disso a utilização de um LCD mais pequeno cobre o aumento do custo introduzido pela sinalização de LED's.

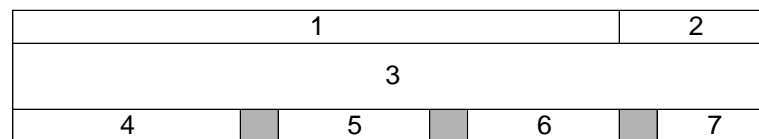


Figura 4.3 - Divisão do LCD por áreas de informação distinta

No LCD irá ser indicada toda a informação obrigatória que não é identificada por sinalização como é especificado na norma (EN54-2) já descrita.

Os primeiros 16 caracteres (bloco um) do mostrador estão reservados, como indica a norma, para indicar a última zona que entrou em alarme. No canto superior direito (bloco dois) será indicado a todo o momento (desde que não entre em conflito com as especificações normativas) o estado de carregamento da bateria; quatro traços indicam bateria máxima, um a mínima. Quando só é indicado um traço e este se encontra a piscar a bateria encontra-se em estado crítico. As linhas dois e três (bloco três), estão reservadas para a descrição da última zona que entrou em alarme.

Na última linha será mostrado em primeiro lugar as teclas a carregar para aceder ao menu nos primeiros 6 caracteres (bloco quatro); nos caracteres 8, 9 e 10 (bloco cinco) será indicado o número de zonas que se encontram em alarme; nos caracteres 12, 13 e 14 (bloco seis), mostra-se o número de sensores que se encontram activos. Por fim os últimos 4 caracteres (bloco sete) mostram a primeira zona que ficou activa.

De notar que estas indicações são apenas apresentadas em modo de alarme geral.

Zona 4							
A zona 4 entrou em alarme as 12 :15							
Y^ MENU		3		15			2

Figura 4.4 - Exemplo do LCD em modo de alarme de incêndio

O interface do LCD com o microcontrolador é feito através dum barramento de dados de 4 bits, um sinal de *enable* e um sinal de controlo que nos permite seleccionar o tipo de informação enviada para o mostrador, ou seja, se os bits enviados são bits de comando (limpar o LCD, desligar o LCD...) ou bits de dados (um determinado carácter).

O LCD possui também um pino que selecciona a leitura ou escrita para o mesmo; no entanto, como só queremos mostrar informação e não lê-lo, esse pino fica permanentemente ligado à massa, ou seja com o valor lógico zero.

A montagem realizada para efectuar a ligação entre o LCD e a unidade de controlo é a indicada na seguinte figura:

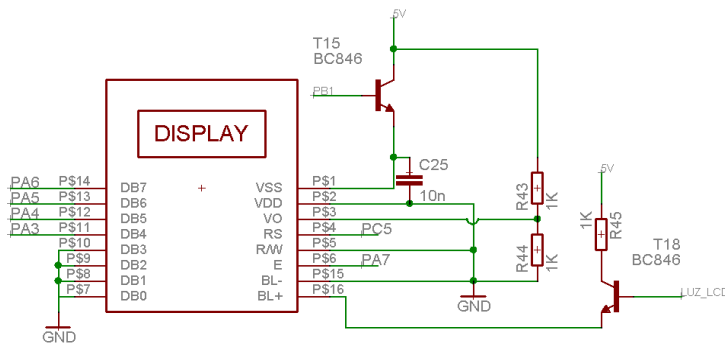


Figura 4.5 - Ligações do LCD à unidade de controlo

Os dois transístores controlam a activação/desactivação do LCD (T15) e a luz de fundo do mesmo (T18); as resistências R43 e R44 ajustam o contraste do LCD para o ponto central.

Na figura seguinte podemos visualizar os menus acessíveis no LCD pelos diferentes níveis de utilizadores. Nenhum traço indica nível um, 2 traços nível 2 e 3 traços o nível 3 de acesso.

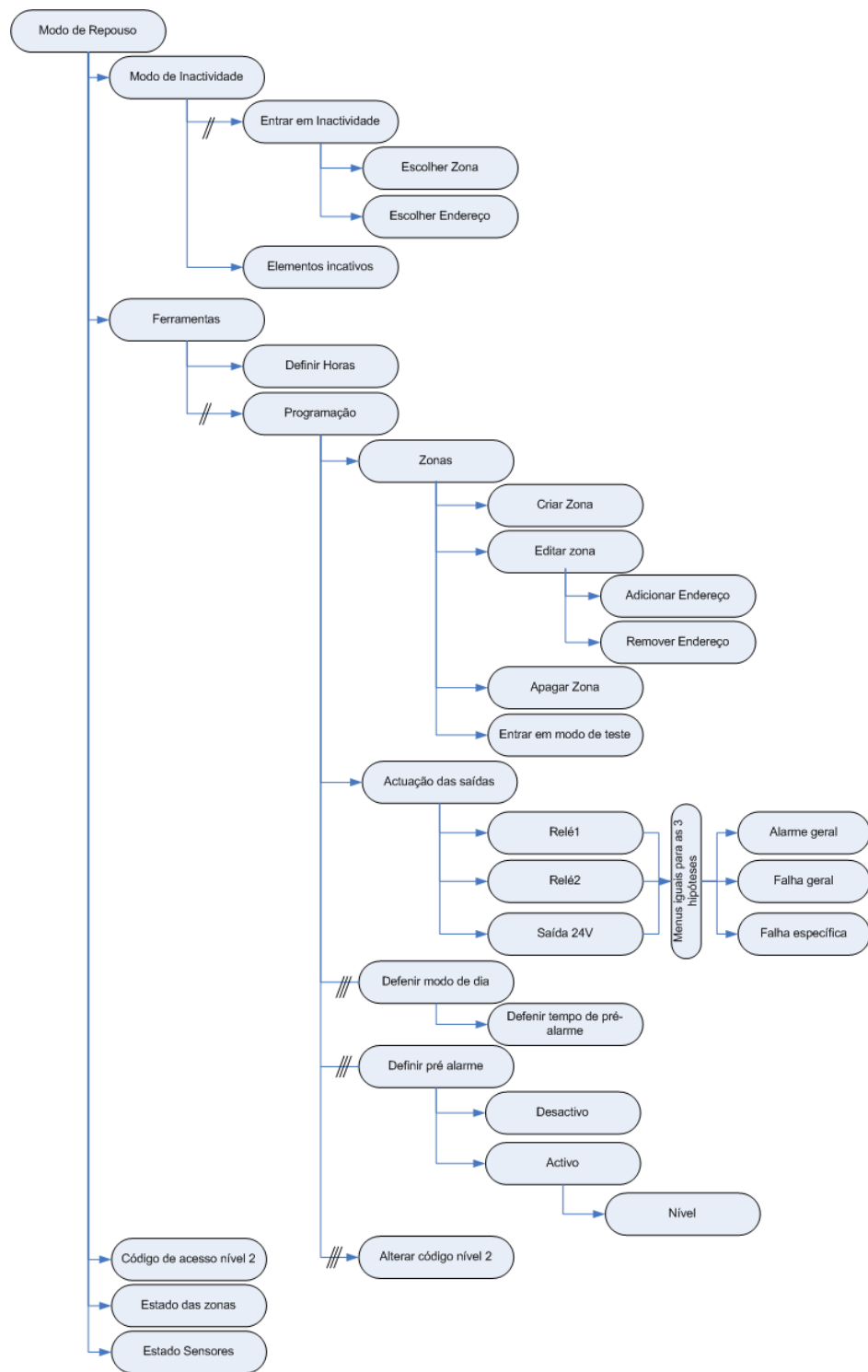


Figura 4.6 - Menus do LCD

A tabela seguinte indica os diferentes leds de sinalização e a sua respectiva cor.

Tabela 4.1 - LEDs de Sinalização e respectiva cor

Função do LED	Cor
Alarme Geral	Vermelho
Sistema Alimentado pela rede	Verde
Falha da sirene	Amarelo
Modo de Inactividade Geral	Amarelo
Terra	Amarelo
Estado da Bateria	Amarelo
Falha da Bateria	Amarelo
Fusível sirene	Amarelo
Fusível 24V	Amarelo
Modo de dia	Amarelo
Sirene Activ	Amarelo
Buzzer Activo	Amarelo
Falha geral	Amarelo

De forma a poupar pinos da unidade de controlo, foram utilizados dois shift-register ligados em série. Ao contrário dos utilizados anteriormente, estes permitem ao microcontrolador actualizar as saídas do sistema através de comunicação SPI. Dado os requisitos, o integrado utilizado foi o 74HC164.

Tal como o integrado utilizado nas entradas, este possui dois pinos de comunicação com a unidade de controlo sendo um deles negado. Como a estas duas entradas é realizado um *AND* lógico (isto no interior do integrado), o pino não utilizado é ligado ao VCC para não alterar a informação. Isto acontece pois um *AND* de qualquer valor lógico pelo valor "1" tem como resultado o próprio valor lógico.

Dado haverem duas saídas livres (após ligação dos LED's) num dos shift-register de saída, estas foram utilizadas para controlar a luz de fundo do LCD e para accionar o buzzer.

O buzzer utilizado foi o OBO-13240, pois é suficiente para o projecto e é utilizado noutros

projectos da empresa o que permite preços mais baixos. Pelas mesmas razões, o altifalante utilizado foi o ADS-2908.

Já que o integrado LM324D possui internamente 4 ampops e apenas foi utilizado um, para a implementação do microfone foi colocada uma série de quatro filtros a 20KHz, 3 dos quais idênticos ao dimensionado para o microfone e um outro baseado num simples circuito RC. Assim conseguimos obter um filtro a 20KHz de ordem 7, obtendo uma atenuação muito acentuada a esta frequência.

Existem desenhadas duas saídas controladas por relé, cujo desenho do circuito de accionamento é representado na Figura 4.7.

O objectivo desta montagem é poupar energia já que para o relé ser accionado, são precisos 24V; no entanto, para o seu conector normalmente fechado se manter aberto e o normalmente aberto se manter fechado, apenas são precisos 12V.

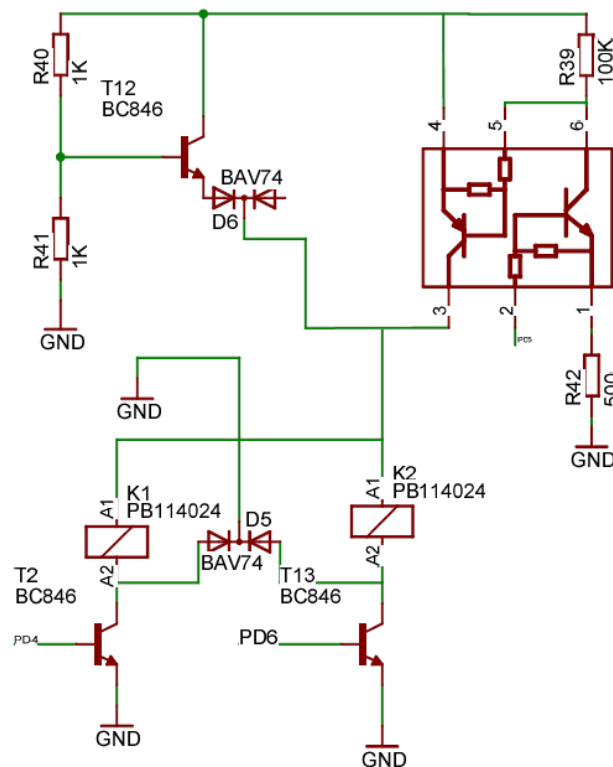


Figura 4.7 - Esquema de accionamento dos relés

Quando necessitamos de accionar o relé, fazemos com que os transístores T2 ou T13 (dependendo do relé que se quer activar) e o conjunto de transístores integrados entrem em condução pela ordem referida. Os primeiros transístores alimentam o relé correspondente com 12V e o integrado com 24V. Quando o relé já se encontrar accionado, os transístores do integrado são colocados em corte. Quando queremos desligar o relé, basta fazer com que T2 e/ou T13 entre em corte.

Existem ainda duas saídas de 24V. Ambas possuem fusíveis de forma a proteger o sistema de correntes demasiado elevadas (exigidas pelos componentes ligados às saídas).

Como podemos ver na seguinte figura a saída da sirene pode ser programada e é controlada por um transístor enquanto a outra saída de 24V é mantida ligada a todo o momento.

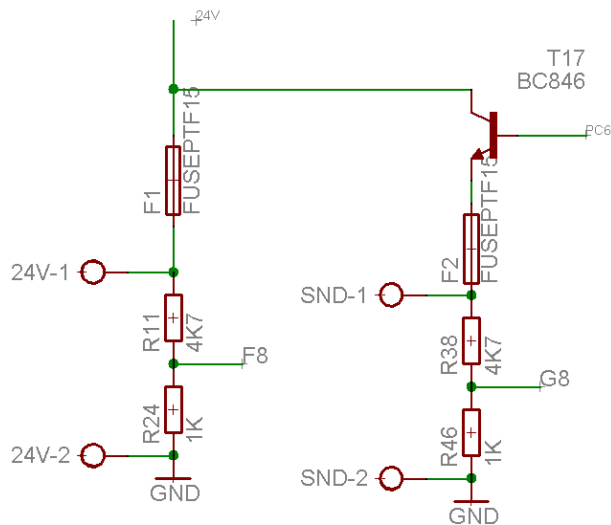


Figura 4.8 - Ligação dos fusíveis e das saídas 24V

A saída para a sirene permite uma corrente máxima de 300mA. Assim sendo, F2 tem o valor de corrente de corte de 315mA. Por seu lado, a saída de 24V permite uma corrente máxima de 500mA possuindo, contudo, um fusível de 1,6A. Desta forma protege-se toda a parte do sistema que se encontra ligado a 24V.

Segundo a norma, todos os fusíveis devem estar acessíveis para serem facilmente substituídos e devem ser monitorizados, pelo que deverão ser colocados na parte superior da PCI. A monitorização dos fusíveis é feita pelos pinos F8 e G8 de um dos shift-register de entrada.

Considerando as entradas e saídas do sistema, o painel frontal desenvolvido tem o aspecto apresentado na figura seguinte:

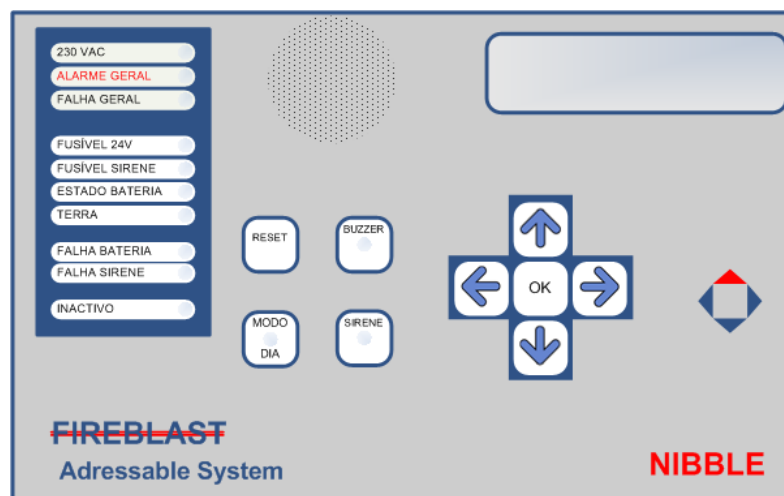


Figura 4.9 - Painel frontal de Interface

4.1.3 - Módulo de Controlo

Devido à dificuldade em avaliar a memória necessária para controlar o processo, foi escolhido o microcontrolador ATMEGA32. Se mais tarde for necessário, visto que o microcontrolador ATMEGA644 tem exactamente a mesma estrutura (têm o mesmo pinout) que o primeiro excepto ter mais memória, podemos trocá-lo sem haver problemas estruturais. Claro está que esta troca encarecerá o sistema.

Dentro das várias capacidades destes microcontroladores, destacamos as referidas de seguida pois serão de grande utilidade para o projecto. A existência dos quatro canais PWM permite o aumento da eficiência do circuito de Step-Up e o controlo do altifalante. Os oito canais ADC permitem um controlo preciso de diferentes parâmetros aumentando a eficiência na detecção de falhas nomeadamente as da bateria. O interface JTAG possibilita a programação do microcontrolador e execução do programa passo a passo permitindo uma monitorização em tempo real das diferentes entradas e saídas da unidade de controlo num computador. Um grande número (32) de entradas e saídas permite a ligação de variados componentes aumentando as capacidades e a complexidade de controlo do sistema. O interface série SPI permite a utilização do integrado de ligação Ethernet e facilita a utilização dos shift-register de entrada e saída.

A tabela seguinte mostra a distribuição dos pinos do microcontrolador pelos diferentes módulos que a unidade de controlo gere. De notar que a tabela indica se os diferentes pinos do microcontrolador são simples entradas/saídas ou têm alguma função mais específica (por exemplo ser uma saída PWM ou um ADC).

Tabela 4.2 - Distribuição dos pinos do microcontrolador

ADC	PA0	Nível de bateria
ADC	PA1	Realimentação Step-Up
ADC	PA2	MIC
ADC	PA3	LCD - D4
ADC	PA4	LCD - D5
ADC	PA5	LCD - D6
ADC	PA6	LCD - D7
ADC	PA7	LCD – Enable
T0	PB0	Flash - CS
T1	PB1	LCD - Controlo On\OFF
INT2	PB2	Bateria - Controlo ON\OFF(para medição)
OC0	PB3	Step-Up – PWM
SS	PB4	Ethernet – CS
MOSI	PB5	Comunicações SPI e JTAG
MISO	PB6	Comunicações SPI e JTAG
SCK	PB7	Clock
SCL	PC0	Shift-register entrada 1 – Enable
SDA	PC1	Shift-register entrada 2 – Enable
TCK	PC2	Shift-register saída – Enable
TMS	PC3	Shif-register entrada – PL
TDO	PC4	Flash - reset
TDI	PC5	LCD- RS
TOSC1	PC6	Controlo Sirene
TOSC2	PC7	
RX	PD0	RS485 + RS422 + RS232
TX	PD1	RS485 + RS422 + RS233
IT0	PD2	Ethernet – INT
IT1	PD3	Ethernet – WOL
OC1B	PD4	Relé1 - Controlo ON\OFF
OC1A	PD5	Relé - Controlo 12V\24V
ICP1	PD6	Relé2 – Controlo ON\OFF
OC2	PD7	Altifalante - Controlo por PWM

Dadas as especificações, foram analisados três tipos de RTOS distintos: uClinux, TinyOS e FreeRTOS. Todos são freeware e podem ser utilizados em processos industriais.

Na Tabela 4.3 - Vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas operativos encontram-se as vantagens entre os diferentes RTOS.

De notar que devido à falta de informação existente sobre os sistemas uClinux e TinyOS, a tarefa de analisar as suas vantagens e desvantagens bem como a sua possível implementação torna-se mais complexa.

Tabela 4.3 - Vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas operativos

SO	Vantagens	Desvantagens
FreeRTOS	Vasta gama de microprocessadores em que é aplicável É fiável Encontra-se em contínuo desenvolvimento Pouco exigente nas características de hardware (ROM e RAM) Muito simples na implementação tamanho e utilização Pode ser usado em aplicações industriais Bom suporte de programação através de um forum Boa documentação Utiliza linguagem C	Necessidade de indicação da memória utilizada Necessária atenção à RAM ocupada e a sobreposição de memória
Uclinux	É fiável e portátil Pode ser usado em aplicações industriais Rápido Utiliza linguagem C e comandos de LINUX	Restrita gama de microprocessadores em que é aplicável Fraco suporte de programação através de fóruns Pouca documentação Pouca evolução
TinyOS	Muito eficiente Alocação dinâmica de memória é gerida facilmente Gestão energética eficiente A mesma Stack e utilizada para várias tarefas	Necessita de aprendizagem de nesC Fraco suporte de programação através de fóruns Pouca documentação Calendarização pouco eficiente Sem memória virtual Pouco flexível

Como podemos ver pela Tabela 4.1 ambos os sistemas uClinux e TinyOS têm um número limitado de microprocessadores em que podem ser aplicados, o que não acontece no FreeRTOS.

Ao longo da análise dos três sistemas, verificou-se que o FreeRTOS, utiliza linguagem de programação C (o que não implica a aprendizagem de uma nova linguagem de programação), possui uma documentação bastante elaborada acerca do seu funcionamento e é pouco exigente a nível de hardware.

As características referidas apenas excluem da escolha a tomar o sistema TinyOS. No entanto, para utilizar o uClinux como um RTOS, são necessárias ferramentas de *debug* específicas [5]. Este facto aliado à pouca evolução do uClinux orientou a escolha do sistema operativo para o FreeRTOS.

O FreeRTOS é um pequeno sistema operativo desenhado para ser implementado em microcontroladores, simplificando o processo de programação e aumentando o nível de segurança e integridade do código desenvolvido. Este permite a implementação de rotinas, sem limitar nem o número de tarefas por rotina nem o número de prioridades (sistema multitarefa) que possam existir.

A utilização de um RTOS permite facilitar a implementação de vários tipos de comunicação existentes no sistema a controlar. No nosso caso irá facilitar a implementação do protocolo Ethernet.

4.1.4 - Módulo de Comunicação

Como foi indicado nas especificações do projecto, iremos necessitar de comunicação Ethernet, comunicação para programar o microprocessador e comunicação com os detectores de incêndio.

O módulo de Ethernet é implementado através do integrado ENC28J60 que permite comunicar com a unidade de controlo por SPI e de um MagJack (RJMG163218101NR) que nos permite ligar a saída do integrado referido a um cabo com ligação RJ45.

Apesar do integrado (ENC28J60) ser alimentado a 3.3V, os seus pinos estão preparados para serem ligados em circuitos que estão alimentados a 5V, como é o nosso caso. Desta forma não precisamos de ter cuidados adicionais com a sua ligação à unidade de controlo. Esta foi uma das razões que levou à escolha deste componente. Outro motivo foi a comunicação SPI com a unidade de controlo que facilita a programação do microcontrolador.

Como podemos ver na figura seguinte este componente necessita de um cristal externo de frequência 25MHz.

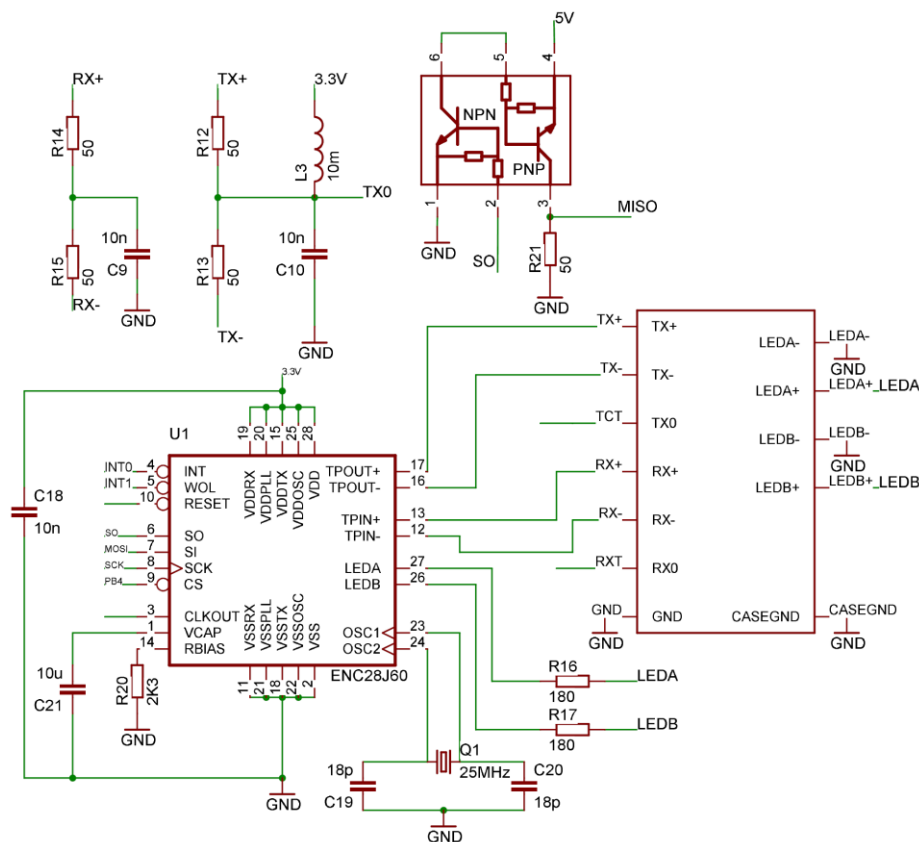


Figura 4.10 - Esquemático do módulo de Ethernet

O condensador C10 e a bobina L3 funcionam como filtros com vista à redução de ruído electromagnético.

Como a alimentação do micro e deste módulo possuem diferentes níveis de tensão, o módulo de transístores PUMD6 foi mais uma vez utilizado de forma a converter a tensão máxima fornecida pelo ENC28J60 (aproximadamente 2,6V) em 5V permitindo assim comunicação SPI com o microcontrolador.

A programação da unidade de controlo será feita por JTAG, que além de programar a unidade

de controlo, permite a monitorização em tempo real do processo a decorrer no microcontrolador.

Irá também haver um módulo RS485 e outro RS232, para poder haver comunicação com outros equipamentos como por exemplo uma possível implementação de repetidores preparando assim o sistema para futuras expansões e/ou evoluções. A comunicação RS232 permite também a ligação do sistema a um computador para monitorização. Para estes tipos de comunicação utilizou-se um MAX232 e SN65HVD22D para a comunicação de RS232 e RS485 respectivamente. A montagem destes dois componentes é efectuada conforme descrita na folha de características sem nenhum acrescento.

A comunicação com os detectores é proprietária de cada fabricante. Assim sendo, entrou-se em conversação com os fabricantes para realizar algumas parcerias de forma a tornar os protocolos de comunicação acessíveis. No entanto e como irá ser devidamente justificado no Capítulo 5 este módulo não será implementado.

4.1.5 - Módulo de Alimentação

Quando o sistema é alimentado através da rede, é utilizado um transformador com fontes comutadas (*Meanwell MPS-65*), que realiza a conversão de 230Vac em 24Vdc. Este transformador foi escolhido por duas razões: por um lado, irão existir duas saídas de 24V, uma para o utilizador ligar uma sirene e outra para um qualquer equipamento desejado; sendo a bateria de 12V, esta necessita de uma tensão de recarregamento de 13,8V (para ficar devidamente carregada); se a alimentação fosse de 14Vdc (transformador de gama a baixo da escolhida), devido à queda de tensão inerente a alguns componentes, iria ser complicado obter a tensão desejada de 13,8V. Por outro lado, num outro projecto da empresa, este transformador já é utilizado, o que significa que pode ser encomendado em maiores quantidades, logo fica mais económico.

Existirão três circuitos Step-Down, um que converte os 24V em 5V que tem o objectivo de alimentar a maior parte do circuito, outro que converte os 24V em 13,8V para o carregamento da bateria e por último, não contemplado nas especificações, um que converte 5V em 3.3V necessários para a memória flash externa e para o módulo de comunicação por *Ethernet*.

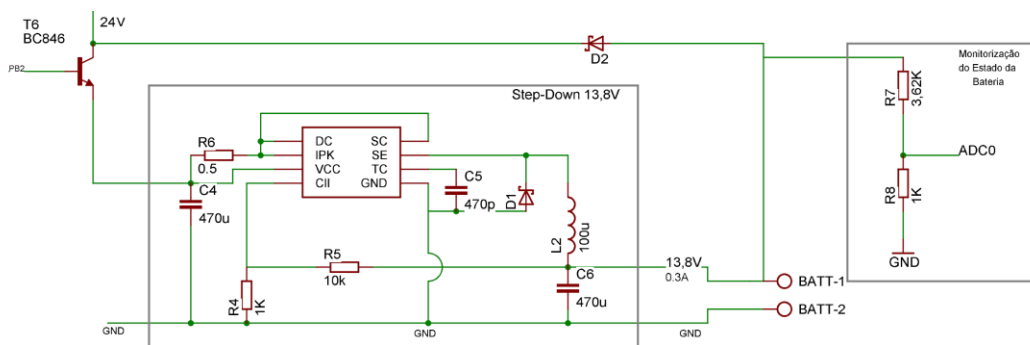
Inicialmente foi pensado utilizar o integrado LM317 para este fim; no entanto, para as correntes consumidas pelos diferentes módulos (Tabela 4.4), foi decidido utilizar o integrado AP34063 que regula de uma forma activa a tensão de saída. Este integrado foi escolhido por regular a tensão de saída através de um circuito de fontes comutadas, e que ao contrário do LM317 (que dissipa a energia não utilizada em calor) permite um consumo mais baixo de energia diminuindo os gastos energéticos.

Tabela 4.4 - Consumo corrente nos diferentes níveis de tensão (unidades em mA)

dispositivo\componente	corrente consumida	5V	13,8V	3,3V	24V
shift-registers	2x1	2			
Ampop	3	3			
Microfone	2	2			
leds	13x3	39			
24V	500				500
sirene	300				300
relés	2x30		60		
altifalante	13		13		
buzzer	3		3		
display	5	5			
memoria flash	7			7	
atmega32	100	100			
bateria	300		300		
ethernet	200			200	
max232	0,1	0,1			
max485	0,1	0,1			
total		1534,2	151,2	207	800

A bateria escolhida é de 12V-7Ah que, como já foi referido, necessita de 13,8V para ser completamente carregada. Uma vez que segundo a norma a bateria necessita de estar a 80% da sua carga total ao fim de 24h e a 100% ao fim de 48h, é necessário ter em conta a corrente que lhe devemos fornecer. Fornecendo 13,8V-7A, a bateria iria carregar numa hora; no entanto, quanto mais rápido for o carregamento da bateria maior será o seu desgaste. Como não necessitamos de um carregamento tão rápido, optou-se por carregar a bateria a 13,8V e 0.3A; desta forma garantimos que ao fim de um dia ela se encontra carregada ($0,3 \times 24 = 7,2$). Este sobre-dimensionamento permite respeitar a norma mesmo que a bateria já tenha algum tempo de uso e esteja um pouco deteriorada.

Para haver uma monitorização do estado da bateria, implementou-se o circuito da imagem seguinte:

**Figura 4.11 - Esquemático Step-Down 13,8V e monitorização da bateria**

Uma vez por ciclo de relógio, o transistor T6 entra em corte e há uma medição da bateria, para que caso o sistema esteja a ser alimentado pela fonte principal, não se verifique sempre a mesma

leitura de 13,8V.

O diodo D2 impede que a leitura seja sempre de 24V e que a bateria esteja ligada a essa tensão.

Uma vez que há duas saídas de 24V, iremos necessitar de um circuito *Step-Up* que converta os 12V da bateria para 24V. Isto para que, em caso de falha da alimentação primária, continuemos a ter a saída com a tensão desejada. O circuito de *Step-Up* é baseado num condensador e numa bobine e irá ser controlado por uma saída em PWM da unidade de controlo que realiza a comutação de um transistor de potência.

Como pode ser verificado na seguinte figura, a alimentação primária do sistema é monitorizada a todo o momento.

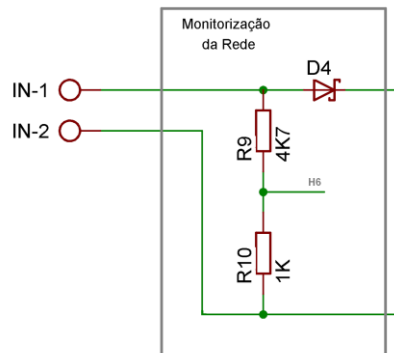


Figura 4.12 - Esquemático de monitorização da alimentação primária

Através de um shift-register de entrada e de um divisor de tensão resistivo, o microcontrolador consegue monitorizar a fonte primária. O diodo D4 evita erros, caso a alimentação seja feita pela bateria.

Como já referido, a parte da comunicação não irá ser implementada; no entanto, o sistema irá ser sobredimensionado com vista a poder ser expandido.

4.1.5.1 - Step-Down

Foram implementados três circuitos deste tipo com vista a obter três níveis de tensão distintos: 13,8V para carregar a bateria, 5V para alimentar a maior parte do circuito e 3,3V para a alimentação da comunicação Ethernet e da memória flash externa.

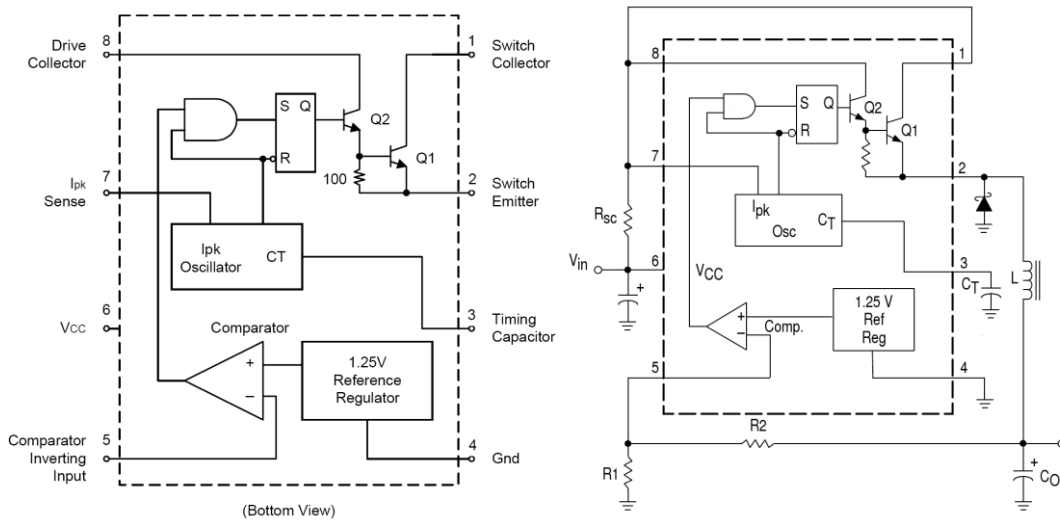


Figura 4.13 - Funcionamento do integrado AP34063 e sua montagem como Step-Down.

Como podemos ver na Figura 4.13, colocando um divisor resistivo entre a saída e a entrada inversora do comparador conseguimos controlar a tensão de saída segundo a equação 8.

$$|V_{out}| = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (6)$$

Através da resistência R_{sc} conseguimos controlar a corrente máxima de saída do integrado; esta relação é dita pelas equações 9 e 10.

$$I_{pk} = 2 \times I_{out} \quad (7)$$

$$R_{sc} = \frac{0.3}{I_{pk}} \quad (8)$$

Note-se que a corrente é limitada fisicamente pelas características deste componente, nunca podendo, portanto, ultrapassar os 1,6A.

Quando a tensão de saída desce abaixo do valor pretendido, o transistor Q1 entra em condução carregando a bobina L com a carga suficiente para subir a tensão de saída, carga esta que é controlada pela corrente I_{pk} . De notar que em ambos os casos existe uma infinidade de pares R_1 e R_2 que satisfazem a condição.

Como a tensão de saída é mais baixa que a entrada, a utilização de uma fonte comutada deste tipo tem também a vantagem de consumir um valor de corrente menor do que a que se encontra disponível na saída.

4.1.5.2 - Step-Up 24V

Caso haja uma falha da fonte principal, este circuito permite a continuidade de 24V nas saídas correspondentes (saída de 24V e saída sirene). Esta continuidade poderia ser mantida através da utilização de duas baterias; contudo, o preço das baterias é bastante significativo. Assim além de se obter um produto final mais económico, obtemos uma vantagem concorrencial já que a maioria dos sistemas utilizam duas baterias.

Foi utilizado um circuito baseado num condensador e numa bobina montados como mostra a seguinte imagem.

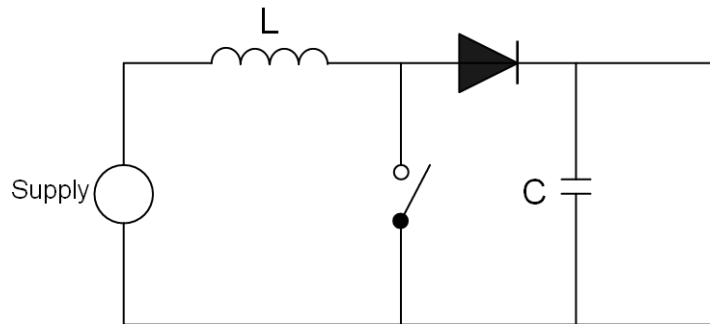


Figura 4.14 - Montagem básica de um circuito de *Step-Up* de fontes comutadas

Este tipo de circuito foi escolhido porque em corrente contínua a impedância da bobina é muito baixa e assim não influencia a carga do condensador. Este facto traduz-se em perdas muito reduzidas na indutância.

Quando o interruptor está fechado, existe uma corrente a percorrer a bobina, acumulando energia nesta segundo a seguinte equação:

$$E = \frac{1}{2} \times I_L^2 \times L \quad (9)$$

Quando o interruptor é aberto, a energia armazenada na bobina passa para o condensador. A tensão aos terminais do condensador irá ser controlada pela quantidade de energia acumulada na bobina, ou seja, pelo tempo que o interruptor está fechado.

No projecto foi utilizado um transístor controlado por uma onda PWM proveniente da unidade de controlo.

Foram realizados vários testes de forma a tentar melhorar a eficiência do circuito.

Devido à sua grande importância, começou por se dimensionar a taxa de comutação da onda proveniente do microcontrolador, ou seja, o *duty-cycle* (D) da onda. Um período da onda é composto por um tempo de carga t_c e um tempo de descarga t_d .

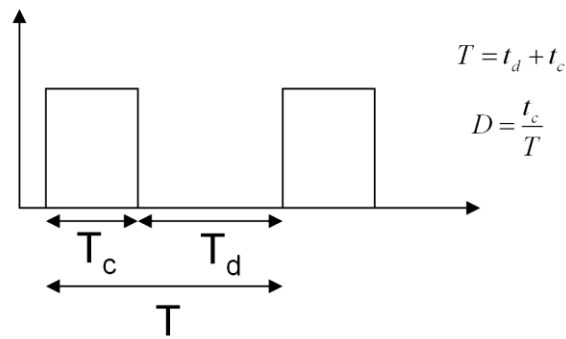


Figura 4.15 - Onda de PWM

O díodo do circuito é utilizado para o condensador não descarregar a carga acumulada para a massa quando o interruptor está fechado mantendo assim a tensão aos seus terminais.

Começou por se utilizar um circuito já implementado noutra sistema que se encontra actualmente a ser comercializado pela empresa Nibble, Engenharia Lda., circuito este representado na seguinte imagem:

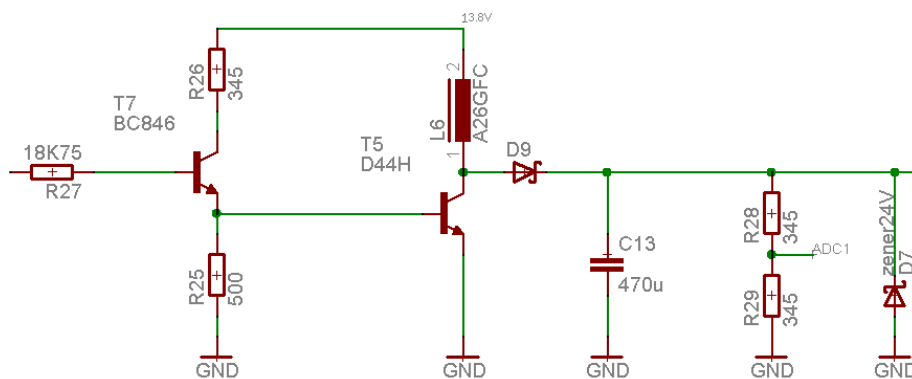


Figura 4.16 - Circuito de Step-Up implementado

Como é evidente a tensão aos terminais do indutor é dada pela corrente que o percorre por unidade de tempo segundo a equação 21.

$$V_l = L \frac{di}{dt} \Leftrightarrow \frac{V_l}{L} = \frac{di}{dt} \quad (10)$$

Quando o transistor está em condução, a tensão aos terminais da bobina é 13,8V; quando a transistor se encontrar em corte, a tensão na bobina é a diferença entre a entrada e a saída (24-13,8=10,2V).

A corrente na bobina varia ao longo do tempo como demonstrado no seguinte gráfico:

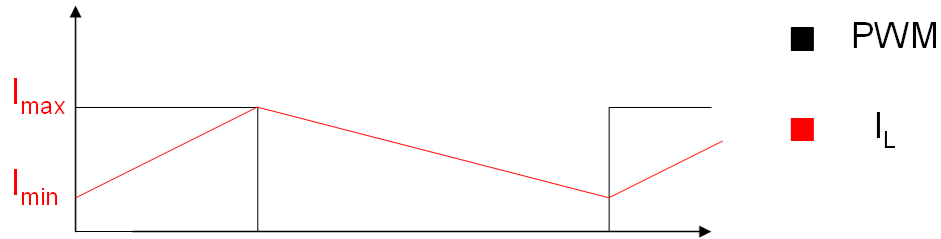


Figura 4.17 - Corrente na bobina ao longo do tempo

Verifica-se assim que a corrente aumenta durante o tempo de carga, ou seja durante o tempo em que o transístor se encontra em condução, e diminui quando o transístor entra em corte pois a energia acumulada nesta, passa para o condensador.

Assim a corrente máxima na bobina é dada pela seguinte expressão:

$$i_{Lmax} = I_s + \frac{\Delta I}{2} \quad (11)$$

Através da corrente na bobina, podemos relacioná-la com a tensão aos seus terminais em ambos os estados do transístor. A equação (12) é referente ao funcionamento em condução e a (13) ao funcionamento em corte.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} = \frac{\Delta I}{t_c} \quad (12)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} = \frac{-\Delta I}{t_o} \quad (13)$$

Assim podemos relacionar a tensão de saída com a tensão de entrada e o *duty-cycle* da seguinte forma:

$$\Delta I = \frac{V_s \times t_c}{L} = \frac{(V_o - V_s)t_o}{L} \Rightarrow V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (14)$$

Ou seja se queremos uma saída de 24V e temos uma entrada de 12V, precisamos de um *duty-cycle* de 0,5. Do mesmo modo podemos relacionar as correntes de entrada e saída e o *duty-cycle*.

$$I_o \times V_o = I_s \times V_s \Leftrightarrow I_o = I_s \times (1-D) \quad (15)$$

Como era de esperar enquanto a tensão de saída é inversamente proporcional ao *duty-cycle*, a corrente é directamente proporcional. Sendo a corrente de saída máxima necessária de 1A, obtemos que a corrente de entrada necessária será de 2A

Através da equação 12, podemos obter a indutância desejada:

$$L = \frac{V_s \times D}{\Delta I \times f} \quad (16)$$

Será também necessário calcular o valor do condensador. Este pode ser determinado pela seguinte equação:

$$i = c \frac{dV}{dt} \rightarrow I_o = C \frac{\Delta V}{t_c} \Leftrightarrow C = \frac{V_o \times D}{f \times R \times \Delta V} \quad (17)$$

A indutância adoptada tem que permitir, como já demonstrado, uma corrente de 2A pois a corrente de entrada é o dobro da de saída. Assim sendo foi escolhida uma bobina de 47 μ H com uma corrente máxima de 3A que, funciona segundo as especificações do sistema.

$$i_{Lmax} = I_s + \frac{\Delta I}{2} \Leftrightarrow \Delta I = 2A \quad (18)$$

Temos então os dados necessários para calcular a frequência de comutação necessária que garanta a corrente e tensão de saída desejadas.

$$f = \frac{V_s \times D}{\Delta I \times L} = 64KHz \quad (19)$$

Para um consumo de aproximadamente 1A e com uma tensão de saída de 24V, temos uma resistência de saída de 24 Ω . Definindo um ripple máximo de 200mV, a capacidade tem que ser superior à calculada.

$$C = \frac{V_o \times D}{f \times R \times \Delta V} = 39\mu F \quad (20)$$

Existe no entanto uma tensão de ripple produzida pela resistência interna do condensador.

Foram escolhidos condensadores de valor elevado de forma a minimizar a sua resistência interna; é no entanto necessário ter em atenção que esta escolha condiciona aumento do custo deste componente.

Tabela 4.5 - Comparação de condensadores

Condensador	Resistência Interna	Tensão de Ripple
220 μ F	48 m Ω	252mV
470 μ F	84 m Ω	144mV

A tensão de ripple total será menor que a soma entre o ripple da carga e o ripple provocado entre a resistência interna do condensador.

Sendo o condensador de 470 μ F, temos:

$$\Delta V = \frac{V_o \times D}{f \times R \times C} = 17 \text{ mV} \quad (21)$$

$$\Delta V_{total} \leq 17 + 144 = 161 \text{ mV} \quad (22)$$

O ripple nunca será superior a 161mV pico a pico.

Com o aumento da indutância, a corrente pico a pico fornecida ao condensador iria ser menor, o que iria diminuir a tensão de ripple; no entanto, este aumento elevava o preço do circuito significativamente.

As duas resistências R28 e R29 da Figura 4.16 permitem uma realimentação do sistema para que o microcontrolador leia o valor actual da saída do circuito e actualize o PWM de controlo de forma a ajustar a saída.

O díodo D7 é um zener com uma queda de tensão de 24V, que garante que a tensão de saída não ultrapasse o valor pretendido; o transístor T7 é utilizado para fazer o driver do transístor de comutação.

Apesar de este circuito ter um bom desempenho, foram experimentadas algumas alterações de forma a melhorar a sua eficácia. Para isso o transístor que realiza o driver foi alterado para um par *push-pull* com o objectivo de diminuir o tempo de comutação do transístor D44H8 que tem por objectivo o controlo do *Step-Up*.

Note-se que qualquer acrescento de componente irá obviamente implicar um aumento do custo do circuito.

Assim foi montado o seguinte circuito:

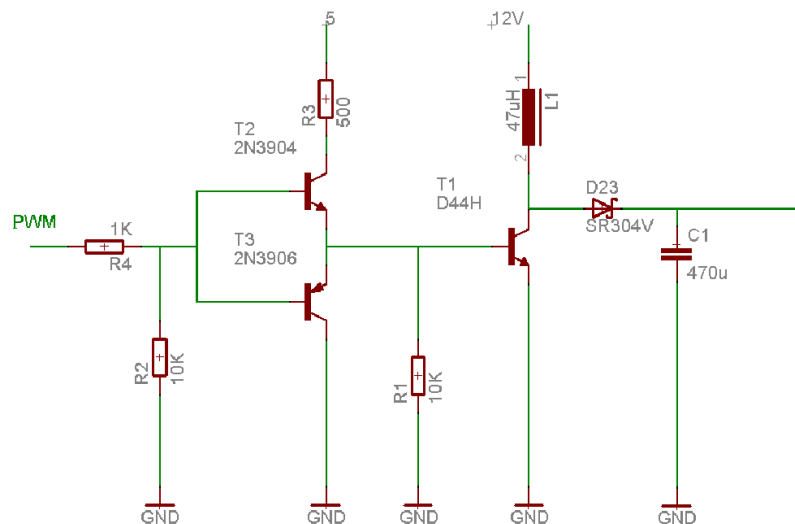


Figura 4.18 - Circuito *step-up* com par *push-pull* como driver

Com este driver pretende-se que haja uma comutação do transístor D44H8 com maior rapidez.

Quando o valor de PWM se encontra a 5V, o transístor NPN (T2) entra em condução fazendo com que o T1 entre igualmente em condução.

Quando o PWM desce a zero, o transistor PNP (T3) entra em condução; contudo, possui sempre no seu emissor uma tensão, imposta pelo transistor T1, de 0,7V o que faz com que o transistor nunca entre em corte.

De forma a resolver este problema, foi utilizada uma bateria de 6V para provocar uma tensão negativa no colector do transistor T3. Com uma tensão negativa garantimos que mesmo com uma queda de tensão de 0,7 no emissor de T3, este permanece em condução.

Obtemos então o circuito seguinte:

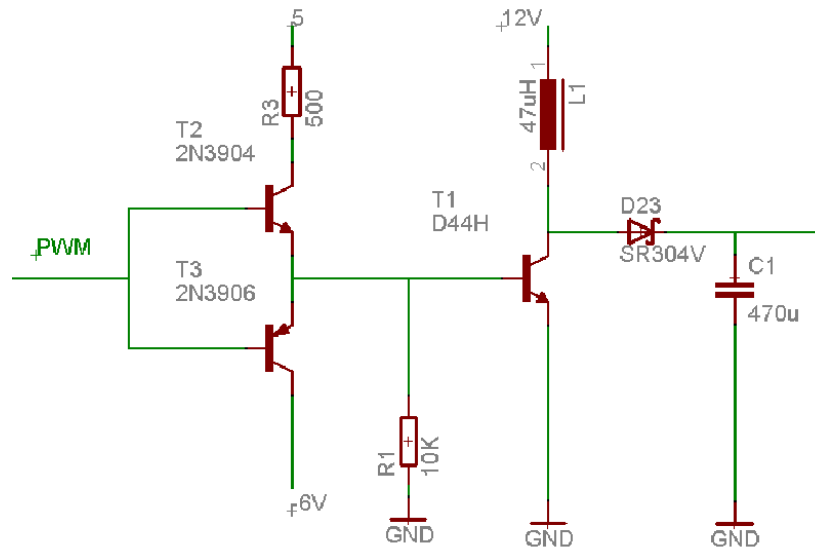


Figura 4.19 - Step-Up com par *push-pull* e tensão negativa

Neste circuito o problema referido anteriormente já não existe; no entanto, devido ao efeito de avalanche, o transistor T1 continua em condução mesmo quando assim não é desejável.

Assim fizeram-se duas alterações ao circuito: diminuiu-se a tensão negativa para -3V e acrescentou-se um transistor PNP (T4) para fazer o driver entre 5V e -3V do par push-pull. Ficou-se então com o seguinte esquemático:

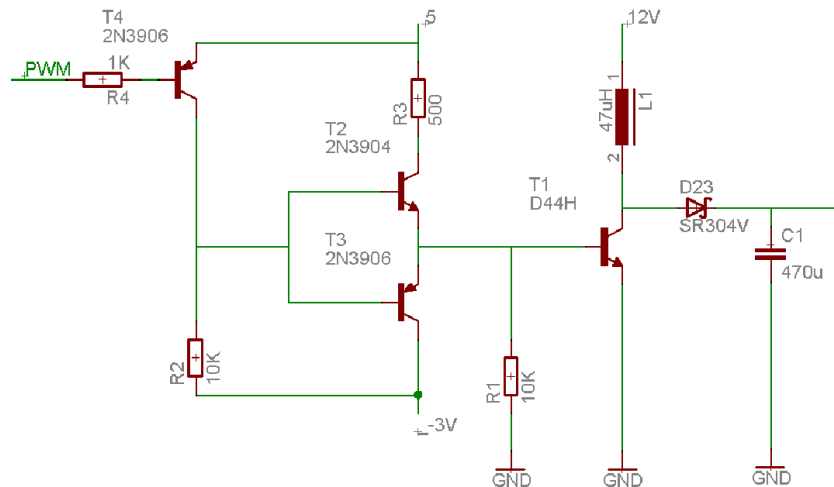


Figura 4.20 - Step-Up com transistor PNP como driver do par *push-pull*

Neste circuito a entrada do par push-pull varia entre 5 e -3V, o que permite fazer comutar o transistor T1.

Quando o sinal PWM está a 1, o transistor T4 encontra-se em corte, pelo que existe aproximadamente -3V na entrada do par push-pull, fazendo com que T3 esteja em condução e T2 em corte, obrigando T1 a entrar em corte.

Quando o sinal PWM da unidade de controlo se encontra a 0, o transistor T4 entra em condução, colocando na entrada do par push-pull aproximadamente 5V. Desta forma T2 passa a estar em condução e T3 em corte fazendo com que T1 entre em condução. De notar que com a adição de T4, há uma inversão do sinal PWM do microcontrolador.

Este circuito tem à partida a desvantagem de ser mais caro pois utiliza mais componentes. Após experimentação verificou-se que o circuito descrito comporta-se de forma muito semelhante ao indicado inicialmente. Assim sendo não há factores de suficiente relevância para a sua implementação.

4.1.6 – PCI

Neste projecto foi utilizada tecnologia SMD. Esta tecnologia traz grandes vantagens porque além dos componentes serem mais económicos, são também mais pequenos e leves ocupando menos espaço. Além disso podemos colocar componentes nos 2 lados da PCI.

Tem a desvantagem de tornar a dissipação de calor menos eficiente. Este facto é compensado por os componentes estarem em contacto com a PCI; esta é utilizada como dissipador. Considerando que quanto mais cobre a placa tiver maior será a dissipação de calor, a eficiência de dissipação pode ser melhorada se nas áreas em que não existem componentes na PCI, se desenharem (em vez de faixas) áreas de cobre correspondentes a massa ou ao VCC.

Outra das preocupações que a tecnologia SMD nos traz, é o facto de, neste caso, muitos componentes (é o caso das resistências e dos condensadores) aguentarem um máximo de um oitavo de Watt, ou seja 125mW.

Para o design do sistema foi utilizado o software *Eagle Layout Editor 4.13*. Para a construção da PCI foram utilizados os equipamentos *LPKF ProtoMat C60* e *LPKF Minicontact III* (este último devido a ser uma PCI de dupla camada).

No design da PCI, foi preciso ter em conta a largura das pistas, já que esta se encontra dependente da corrente que passa em cada pista.

Tabela 4.6 - Relação entre largura de faixa e corrente para uma espessura de cobre de 35 μ m (1mil=0,0254mm)

largura (mil)	corrente (A)
8	0,32
10	0,4
15	0,6
17,5	0,7
20	0,8
25	1
50	2
100	4

Assim foram definidas 3 larguras de pistas distintas: 8 mil de largura com perfurações de 16mil de diâmetro para todas as ligações de sinal; 15 mil de largura com perfurações de 30mil de diâmetro para todas as pistas de alimentação; e 20 mil de largura com perfurações de 60mil de diâmetro para as ligações com os relés.

De notar que as pistas estão sobredimensionadas de forma a garantir o bom funcionamento do sistema. Além disso, quanto maior for a quantidade de cobre, mais eficaz será a dissipação de calor de toda a placa. Assim foram definidos conjuntos de cobre em ambos os lados da placa com as seguintes prioridades:

Tabela 4.7 - Prioridades e valor de tensão dos polígonos

Prioridade	Frente	Trás
1	PE	PE
2	GND	5V
3	5V	GND

De notar que o conjunto PE (terra) foi definido apenas nas bordas da PCI.

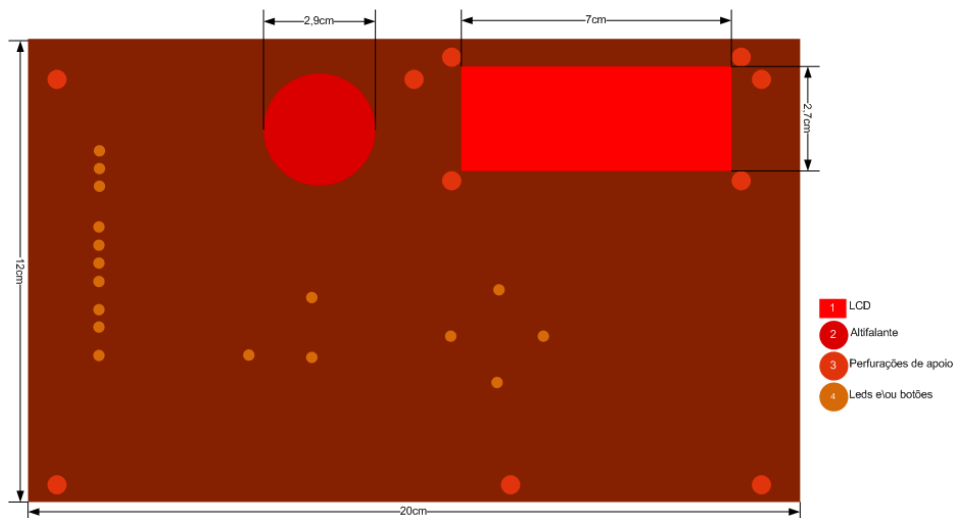


Figura 4.21 - Estrutura mecânica da PCI

Devido ao tipo de teclado utilizado, houve necessidade de colocar o mostrador de cristais líquidos à face da PCI. Para isso foi recortada uma perfuração da área do LCD (perfuração 1 da imagem). O mesmo problema surge com o altifalante (perfuração 2).

Devido às dimensões do LCD serão colocados espaçadores, sendo para isso necessárias as 4 perfurações colocadas nas extremidades do LCD.

Os LED's são colocados na face inferior da PCI; no entanto é a face superior que vai ficar visível ao utilizador. Sendo assim será necessária uma perfuração por led.

Além disso será também necessário colocar espaçadores como podemos ver na Figura 4.22

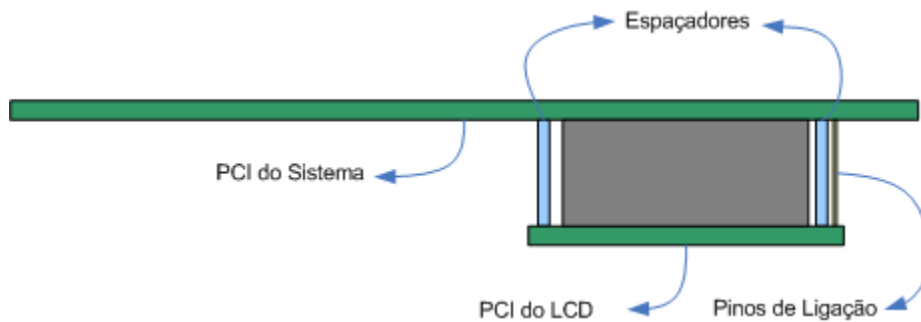


Figura 4.22 - Disposição do LCD e espaçadores

Os botões de pressão podem conter um Led no seu centro, sendo assim, a biblioteca de desenho utilizada possui uma perfuração no seu centro (perfurações do tipo 4).

A Figura 4.23 mostra o funcionamento mecânico dos botões utilizados:

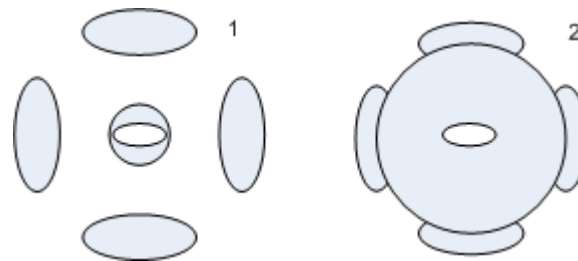


Figura 4.23 - 1- Partes metálicas existentes na PCI; 2 - Componente metálico que encaixa por cima da PCI

A imagem 1 da Figura 4.23 - 1- Partes metálicas existentes na PCI; 2 - Componente metálico que encaixa por cima da PCI representa os contactores metálicos existentes na PCI. A imagem 2 representa um pequeno anel metálico côncavo, que é colocado sobre os contactos da PCI com a concavidade voltada para baixo. Quando é pressionado, a parte metálica que é colocada em cima da PCI permite fechar o circuito, ou seja, permite que os contactos periféricos se liguem ao central.

A PCI será colocada numa caixa, pelo que necessita de seis perfurações de apoio que se encontram nas bordas da PCI onde irão ser colocados parafusos. Os condutores destas

perfurações, encontram-se ligados a massa. Como desacoplamento existem ainda condensadores ao longo da placa que fazem a ligação entre a massa (PE) e a terra (GND).

4.2 - Apresentação

4.2.1 - PCI

Após o dimensionamento e desenho do circuito, construiu-se a PCI das duas figuras abaixo apresentadas.

No topo superior esquerdo podemos visualizar as ligações das duas saídas controladas por relé e as ligações de comunicação RS485 e RS232. No centro encostado ao topo podemos também ver as ligações para a comunicação JTAG. Devido às dimensões do *MagJack* de ligação RJ45, este foi colocado no canto inferior esquerdo da placa.

Do lado direito da parte frontal da placa podemos observar dois fusíveis de protecção, um para cada saída de 24V. Podemos ainda observar do lado esquerdo do painel frontal um *jumper* de dois pinos utilizado para acesso ao nível três de utilização.

De notar que todos os componentes já referidos, não são possíveis de observar quando a caixa da central se encontra fechada encontrando-se no entanto facilmente acessíveis.

Em funcionamento normal, o utilizador apenas observará a parte delimitada pelo painel colocado sobre a PCI.



Figura 4.24 – Face superior da PCI desenvolvida

O utilizador tem acesso a nove teclas de interface, 13 LED's de sinalização, um LCD de apresentação de dados e, caso seja este o método escolhido, uma fechadura de acesso a nível dois de utilização.

A parte de trás da PCI pode ser observada na imagem que se segue.

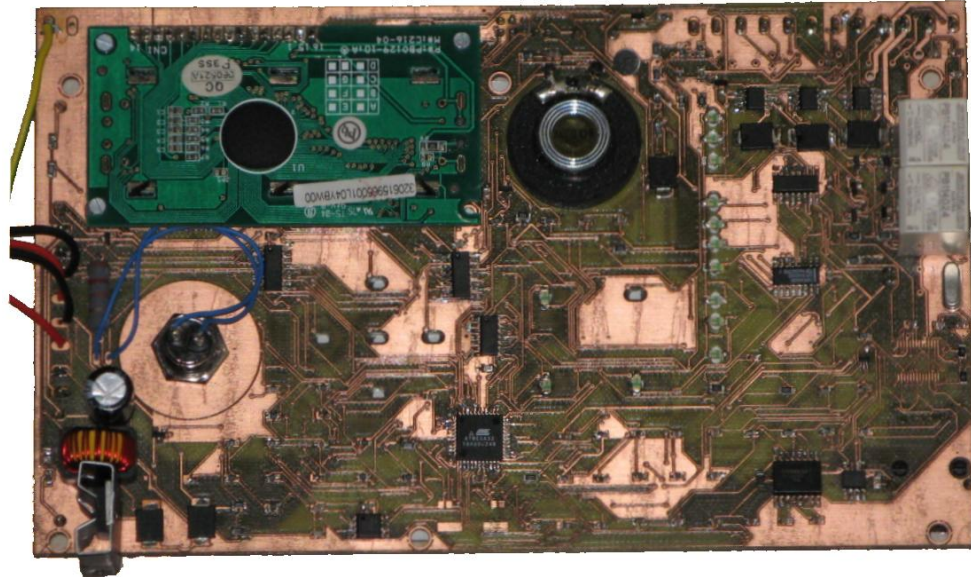


Figura 4.25 – Face inferior da PCI desenvolvida

Através desta imagem podemos visualizar a disposição dos componentes na face inferior da placa. No canto superior esquerdo vemos o fio terra e mais abaixo os fios de ligação ao transformador 230Vac @50Hz para 24Vdc e à bateria de 12V.

No canto inferior esquerdo podemos observar o transistor de potência que controla o circuito de *step-up*. Acima deste vemos a chave de acesso seguida do LCD. Do lado direito da PCI encontram-se as três montagens dos circuitos de *step-down* seguidas dos dois relés que controlam as respectivas saídas. Entre o LCD e os referidos circuitos podemos visualizar o sistema de gravação e reprodução de voz composto por um altifalante e um microfone.

Abaixo dos relés vemos um cristal que, como já referido, não tem a finalidade de controlar a frequência de funcionamento do microprocessador mas sim do integrado de comunicação Ethernet.

4.2.2 – Análise de custos

O sistema desenvolvido possui um preço de custo de aproximadamente 80€. Claro está que o equipamento ainda não se encontra terminado, pois ainda necessita do firmware do microcontrolador. Se tivermos como objectivo abater num ano todos os custos inerentes ao desenvolvimento da central, podemos realizar os seguintes cálculos: supondo que o firmware demora cerca de um ano a desenvolver, que o custo de um engenheiro é de aproximadamente de 1500€ mensais e que a central será comercializada a uma taxa de 600 unidades anuais, o preço de custo final da central será de aproximadamente 120€.

Uma vez que os equipamentos existentes no mercado possuem um preço médio de 1000€, se a Nibble Engenharia Lda. tiver um lucro de aproximadamente 400%, a central desenvolvida terá o preço pretendido inicialmente, ou seja, metade do preço médio de uma central de incêndios actualmente no mercado (500€).

Capítulo 5

Conclusão

Este capítulo apresenta uma compilação dos principais resultados obtidos e são enumeradas as dificuldades encontradas, bem como as perspectivas de desenvolvimento futuro do projecto.

Inicialmente foi estabelecido que a unidade electrónica a desenvolver deveria possuir características diferenciadas e únicas, tais como: uma interface com o utilizador simplificada e intuitiva; possibilidade de comunicação com um elevado número de detectores de incêndios disponíveis no mercado e um preço de custo que fosse inferior a metade do preço médio das centrais disponíveis no mercado.

Nesta dissertação foi projectado e construído um protótipo de uma central de detecção de incêndios. A primeira fase do trabalho consistiu na recolha de informação técnica sobre os diferentes tipos de centrais e detectores existentes no mercado. Foram ainda contactados vários fabricantes de detectores no sentido de obter informação sobre o protocolo de comunicação utilizado nos detectores. Salienta-se que não foi possível conhecer em tempo útil os protocolos de comunicação dos detectores, pelo que, o objectivo de tornar o sistema compatível com o maior número de marcas de detectores ficou inacessível.

Uma vez estabelecidos os requisitos do sistema, deu-se início à especificação da arquitectura da central começando pela escolha do microcontrolador e dos diferentes subsistemas a desenvolver (entradas/saídas, comunicação, processamento, alimentação). Na selecção dos componentes electrónicos procurou-se garantir a restrição relativa ao custo da unidade.

A arquitectura do *Hardware* foi estruturada em vários módulos, a saber: módulo de entrada e saída, módulo de comunicação, módulo de processamento com memória flash e o módulo de alimentação.

A interface com o utilizador baseia-se num LCD para apresentação de dados, um conjunto de 13 LED's para facilitar a visualização de alarmes e falhas e um conjunto de teclas para navegação nos menus do LCD ou de activação/ desactivação de determinadas funcionalidades da central.

Foi ainda implementado um conjunto de diferentes protocolos de comunicação com diferentes objectivos quer sejam para ligar a central a detectores e repetidores ou a um computador para haver uma monitorização remota do edifício onde se encontra a central.

O sistema electrónico desenvolvido cumpre a maioria dos objectivos propostos, nomeadamente permite uma interface com o utilizador simples, com características únicas que permitem uma fácil identificação de alarmes e/ou falhas e com um preço de comercialização próximo de metade do valor médio das centrais actualmente no mercado.

No actual estado de desenvolvimento do protótipo, apesar de não poder ser considerada endereçável, encontra-se preparada para que no futuro lhe sejam aplicados subsistemas que a tornem no sistema desejado.

Assim, no futuro será necessário desenvolver detectores proprietários Nibble. Estes podem ser implementados de duas formas: ou através do desenvolvimento de um módulo que aplicado a sensores convencionais permita convertê-los em detectores endereçáveis, ou através do desenvolvimento de detectores próprios, ambos com um protocolo de comunicação proprietário.

Após a implementação dos detectores, será necessário desenvolver um protocolo de comunicação proprietário, protocolo este que permita uma transmissão de dados com velocidade relativamente elevada, eficiente e segura.

De notar que apesar de se falar em detectores, será também necessário desenvolver botoneiras e sirenes de forma a que o protocolo de comunicação permita comunicar com todos os elementos da rede.

Por fim, será necessário desenvolver o *firmware* da central para que esta funcione de forma eficaz e como proposto na especificação do sistema.

Bibliografia

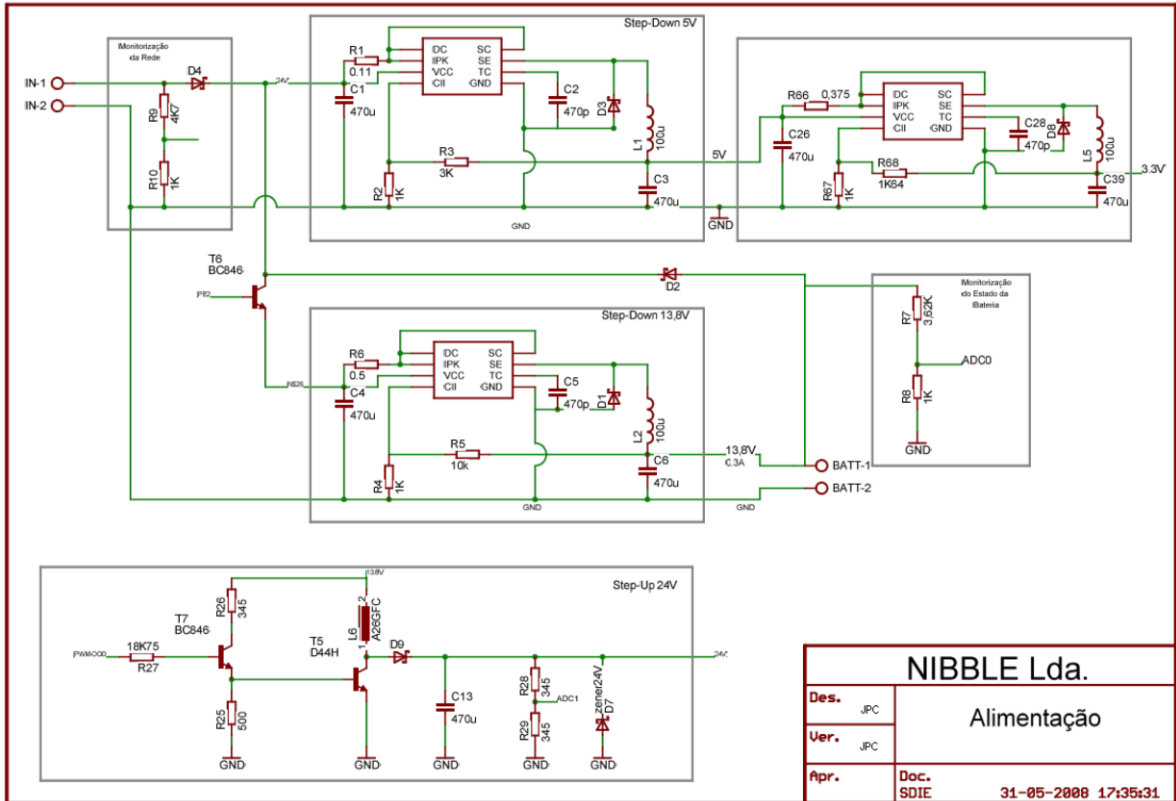
- [1] <http://www.rafikiprotection.com>, última consulta em Maio 2008
- [2] <http://www.apollo-fire.co.uk>, última consulta em Junho 2008
- [3] <http://hochiki.specialbrand.net>, última consulta em Maio 2008
- [4] Mancini, Ron, "*Op Amps for Everyone*", Advanced Analog Products, Texas Instruments, 2002
- [5] Lauterback, "*RTOS Debugger for uClinux*", TRACE32 Technical Information

Outros Documentos Bibliográficos

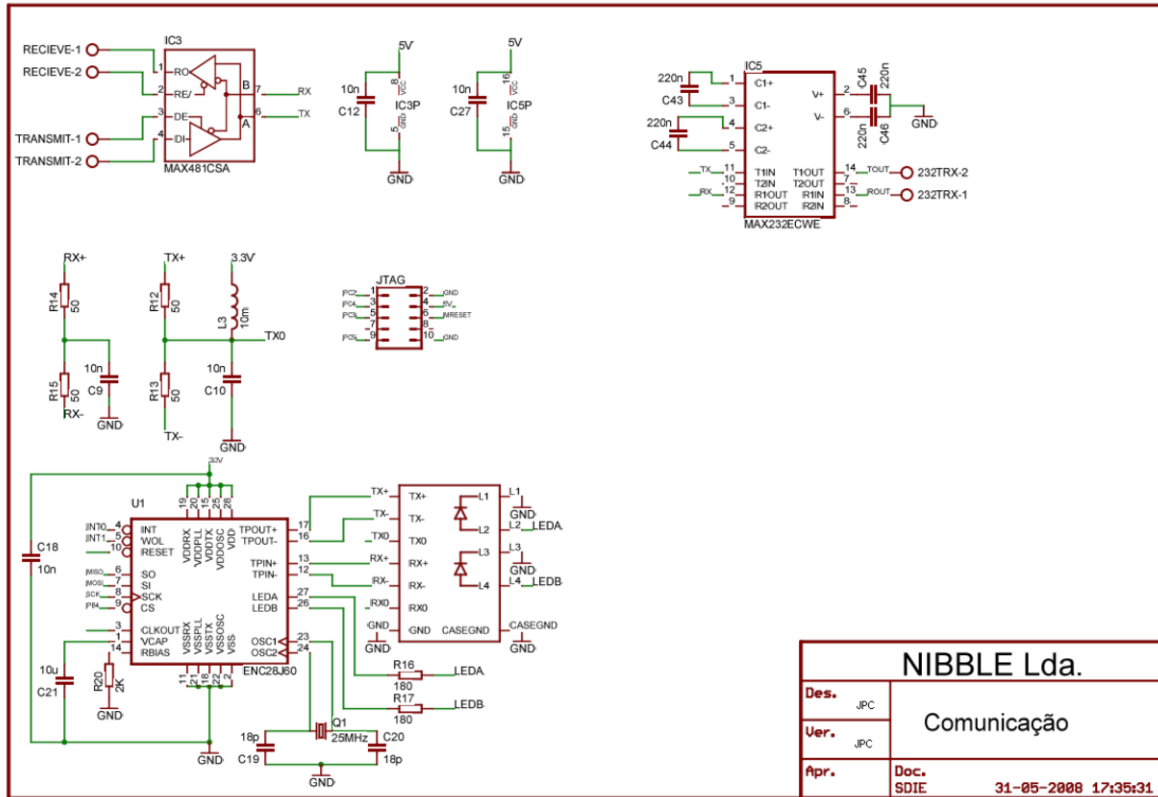
- [6] RS-422 and RS-485 Application Note, BB electronics, revised October 1997
- [7] EN54 (Norma Europeia para Sistemas de detecção e alarme de incêndios), Bruxelas, 1999
- [8] Sedra, Adel S; Smith, Kenneth C., “*Microeletronic Circuits*”, Quinta Edição, Oxford, Oxford University press, 2004
- [9] Mohan, Ned; Undeland, Tore M.; Robbins, William P., “*Power Electronics*”, Segunda Edição, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1995
- [10] Ranjan, Prabhat, “*Embedding OS in AVR microcontrollers*”, apresentação para DA-IICT- Dhirubhai Ambani Institute of Infomation and Communication Technology, Gandhinagar, India
- [11] Texas Instruments, “*Analyses of Sallen-key Architecture – Application Report*”, Mixed Signal Products, 1999
- [12]
- [13] Opdenacker, Michael, “*Introduction to uClinux*”, Free Electrons, 2004
- [14] S. WIERZBINSKI, “*SMD (Surface Mounted Devices) Repair*”, 1999
- [15] Sistemas de comunicação analógicos e digitais, Haykin, Simon, bookman, 4ª edição, 2004
- [16] RS-485 - Especificação e Utilização, Prof. Vitor Leão, 10 de Dezembro de 2007
- [17] Transceivers and Repeaters Meeting the EIA RS-485 Interface Standard – National semiconductor - Application Note 409
- [18] Kinney, Patrick; ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works
- [19] Herzog, Chris; An overview of ZigBee – the power of the mesh
- [20] <http://www.freeRTOS.org>, última consulta em Abril 2008
- [21] <http://www.cct.com>, última consulta em Junho 2008
- [22] http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialzigbee/pagina_1.asp, última consulta em Junho 2008
- [23] http://www.projeteredes.com.br/artigos/artigo_zigbee.php, última consulta em Junho 2008
- [24] <http://focus.ti.com/analog/docs/gencontent.tsp?familyId=367&genContentId=24190>, última consulta em Junho 2008
- [25] Datasheets dos componentes utilizados

ANEXOS

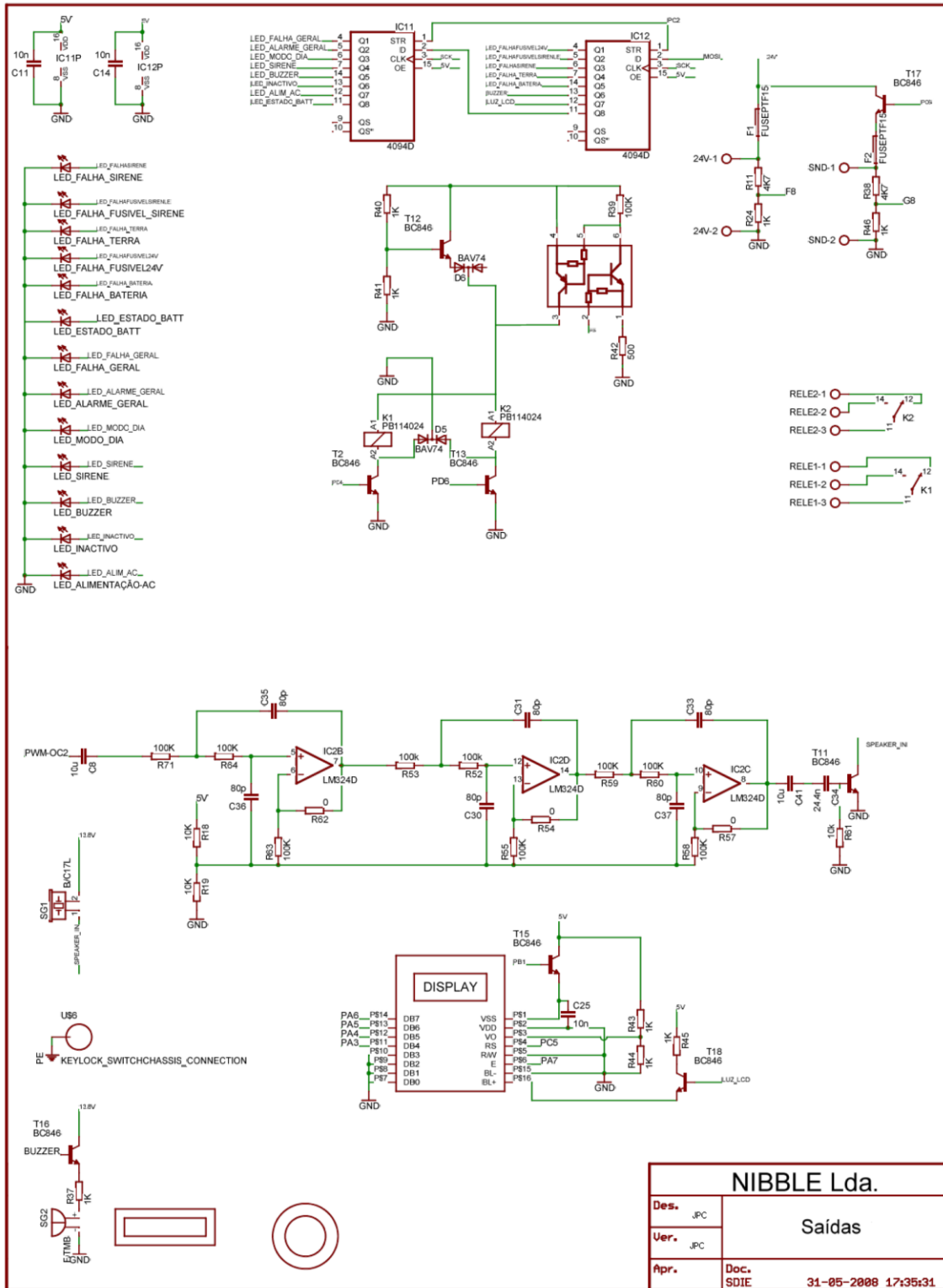
Anexo 1 - Esquemático do módulo de alimentação



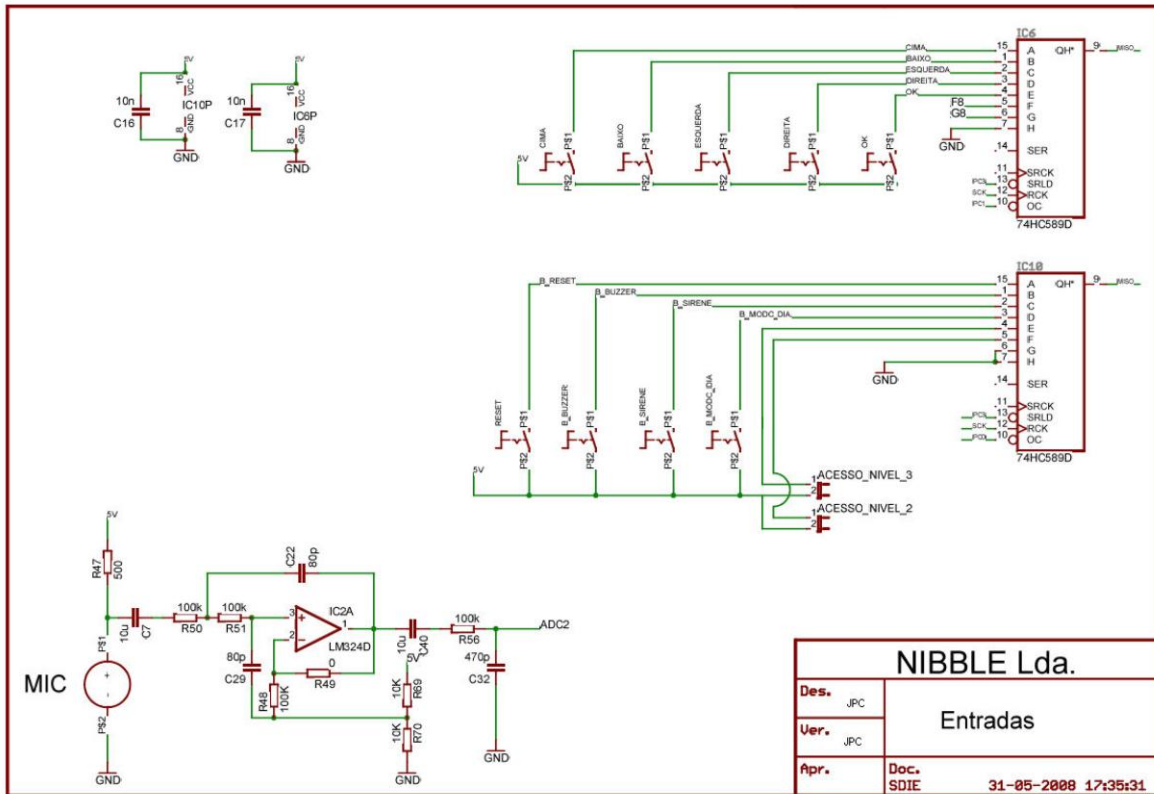
Anexo 2 - Esquemático do módulo de comunicações



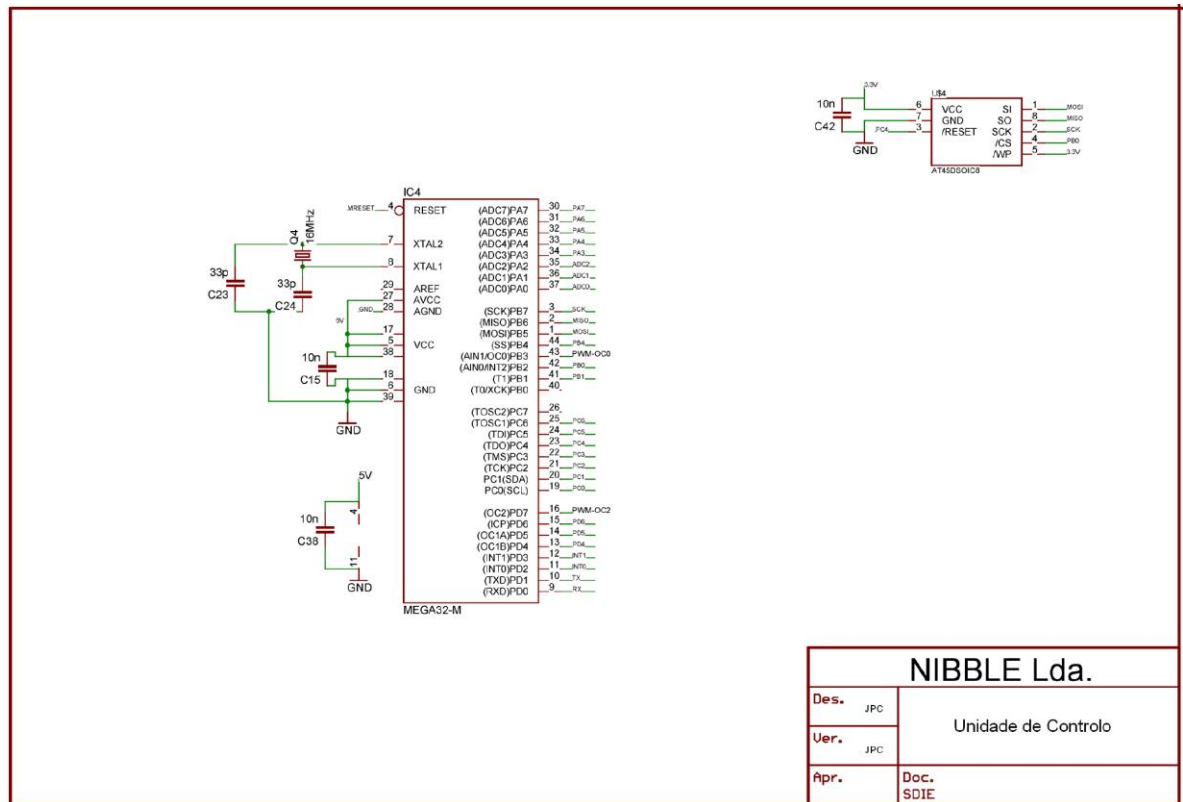
Anexo 3 - Esquemático do módulo de saída



Anexo 4 - Esquemático do módulo de entrada



Anexo 5 - Esquemático do módulo controle



NIBBLE Lda.	
Des.	JPC
Uer.	JPC
Apr.	Doc. SDIE

Anexo 6 - Esquema PCI

