

FÁBIO JOSÉ DE OLIVEIRA

**DECODIFICADOR E ANALISADOR DE DADOS DE
TRANSMISSÃO DO SINAL DE TV DIGITAL**

FLORIANÓPOLIS, 2012

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO *LATU-SENSU*
ESPECIALIZAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
ELETRÔNICOS**

**DECODIFICADOR E ANALISADOR DE DADOS DE
TRANSMISSÃO DO SINAL DE TV DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Conclusão do Curso de Pós Graduação *Latu-Sensu* Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos.

Professor Orientador:
André Luís Dalcastagnê, Dr.Eng.

FLORIANÓPOLIS, 2012

CDD 621.388
O482d

Oliveira, Fábio José de
Decodificador e analisador de dados de transmissão do sinal de TV digital [monografia] / Fábio José de Oliveira; orientação de André Luís Dalcastagnê. – Florianópolis, 2013.

1 v. : il.

Monografia de especialização (Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos.

Inclui referências.

1. TV digital. 2. Fluxo de dados de transmissão. 3. Desenvolvimento de hardware. I. Dalcastagnê, André Luís. II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Edinei Antonio Moreno CRB 14/1065
Rose Mari Lobo Goulart CRB 14/277

DECODIFICADOR E ANALISADOR DE DADOS DE TRANSMISSÃO DO SINAL DE TV DIGITAL

FÁBIO JOSÉ DE OLIVEIRA

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Certificado de Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Pós Graduação *Latu-Sensu* Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de abril de 2012

Banca Examinadora:

Prof. André Luís Dalcastagnê, Dr.Eng.
Orientador

Prof. Carlos Gontarski Speranza, M.Eng.

Prof. Fernando Santana Pacheco, Dr.Eng.

Prof. Golberi de Salvador Ferreira, Dr.Eng.

“Dedico este trabalho à minha mãe, Eliane, por exercer um papel tão importante, belo e admirável em minha vida ao me estimular na busca de meus ideais a cada dia e concedendo-me a oportunidade de me realizar de forma mais plena. Ao meu pai, José Carlos (in memoriam), por ter me amado intensamente como ninguém. Ao meu irmão, Hugo, que, apesar dos defeitos, possui uma qualidade invejável de fazer qualquer pessoa sorrir com seu jeito extremamente extrovertido. E à Eleonora, exemplo de caráter, que me deu força, carinho e sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis, incentivando a execução desse trabalho.”

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador, professor André Luís Dalcastagnê, pelo incentivo, paciência, simpatia e presteza no auxílio às atividades e discussões sobre o andamento deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, pelo seu espírito inovador na tarefa de passar seus conhecimentos, sem os quais o trabalho não teria a mesma qualidade.

A todos os colegas que fizeram parte de meu dia-a-dia, pela espontaneidade e alegria na troca de informações e materiais, demonstrando amizade e solidariedade.

À minha família, pela paciência de tolerar a minha constante ausência.

E, finalmente, àqueles que me auxiliaram, dando-me oportunidade e privilégio de compartilhar tamanha experiência e, ao frequentar este curso, perceber e atentar para a relevância de temas que não faziam parte, em profundidade, de minha vida.

OLIVEIRA, Fábio José de. **Decodificador e analisador de dados de transmissão do sinal de TV digital**, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação *Latu-Sensu* Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

RESUMO

Atualmente, o Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre encontra-se em constante avanço. Prova disso é o aumento do número de usuários dessa tecnologia. Contudo, equipamentos para testes do sistema são escassos ou possuem custos demasiadamente elevados. O presente trabalho aborda parte desta problemática e visa o desenvolvimento de um protótipo capaz de gravar e analisar sinais transmitidos de Televisão Digital, em que o foco principal é aprimorar as características de produtos existentes no mercado. Inicia-se o trabalho com um embasamento teórico das tecnologias de transmissão e o trabalho segue descrevendo todas as etapas que envolvem o desenvolvimento desse protótipo, desde pesquisa de mercado, formação de conceito, projeto de *hardware* respeitando as características dos componentes envolvidos (diagrama de blocos, esquemático, *layout* e montagem) e testes funcionais do equipamento. Além disso, com o auxílio de *softwares* específicos e suas análises foi possível a validação do sistema.

Palavras-chaves: TV Digital. Gravação. Fluxo de dados de transmissão. Desenvolvimento de *hardware*.

OLIVEIRA, Fábio José de. **Decodificador e analisador de dados de transmissão do sinal de TV digital**, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação *Latu-Sensu* Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

ABSTRACT

Currently, the Brazilian System of Digital Terrestrial Television is in constant progress. Proof is the increase in the number of users of this technology. However, equipments for testing the system are scarce and their costs are too high. This work addresses part of this issue and aims to develop a prototype capable of recording and analyzing signals transmitted Digital Television, where the main focus is to refine the characteristics of products on the market. This work starts dealing with a theoretical background of transmission technologies and the work goes on to describe all the steps that involve the development of this prototype, from market research, concept development, hardware design, respecting the characteristics of the components involved (block diagram, schematic, layout and assembly) and functional testing of equipment. Moreover, with the aid of specific software and analyzes can validation system.

Keywords: Digital TV. Recording. Transport stream. Hardware development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Países que aderiram ao padrão brasileiro de TV Digital. _____	21
FIGURA 2 – TS Recorder. _____	35
FIGURA 3 – TG-130. _____	36
FIGURA 4 – RF3000. _____	37
FIGURA 5 – Asi Pod. _____	38
FIGURA 6 – SPA-11P. _____	39
FIGURA 7 – Sintonizadores. _____	41
FIGURA 8 – <i>Setup</i> de teste de desempenho dos sintonizadores. _____	42
FIGURA 9 - Desempenho do sintonizador Samsung. _____	43
FIGURA 10 – Desempenho do sintonizador ALPS. _____	44
FIGURA 11 – Diagrama de blocos do protótipo. _____	46
FIGURA 12 – Bloco Fonte. _____	47
FIGURA 13 – Conversor <i>Step-Down</i> DC-DC da Analog Devices. _____	48
FIGURA 14 – Bloco EEPROM. _____	49
FIGURA 15 – <i>Pinout</i> da Memória EEPROM. _____	50
FIGURA 16 – Módulo Sintonizador. _____	52
FIGURA 17 – Controlador para PC-DTV. _____	53
FIGURA 18 – Inicialização do Altium Designer Summer 09. _____	54
FIGURA 19 – Itens que compõem a biblioteca de componentes. _____	55
FIGURA 20 – Características para a construção do <i>Footprint</i> do Conversor DC-DC. _____	56
FIGURA 21 – Características para a construção do <i>Footprint</i> da Memória EEPROM. _____	57
FIGURA 22 – Características para a construção do <i>Footprint</i> do Sintonizador. _____	58
FIGURA 23 – Características para a construção do <i>Footprint</i> do Processador. _____	59
FIGURA 24 – Componentes utilizados na montagem. _____	61
FIGURA 25 – Protótipo montado. _____	62
FIGURA 26 – Defeito no componente. _____	65
FIGURA 27 – TS Reader v2.7.45. _____	66
FIGURA 28 – Informações disponíveis pelo <i>software</i> TS Reader. _____	67

FIGURA 29 – Análise da qualidade. _____	69
FIGURA 30 – Captura de tela do sinal gravado. _____	70
FIGURA 31 – Análise utilizando o SBTVD Parser. _____	72

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- 8-VSB** – *8 Level Vestigial Side Band*
AAC – *Advanced Audio Coding*
ABERT– Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações
ASI – *Asynchronous Serial Interface*
ATSC – *Advanced Television System Committee*
BOM – *Build of Materials*
COFDM– *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*
CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
CRC – *Cyclic Redundancy Checks*
dB – Decibel
DtBEG– *Digital Broadcasting Expert Group*
DVB – *Digital Video Broadcasting*
DVB-T – *Digital Video Broadcasting Terrestrial*
EDA – *Electronic Design Automation*
EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*
EIT – *Event Information Table*
EPG – *Electronic Program Guide*
FEC – *Forward Error Correction*
Fundação CERTI – Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras
GB – Gigabyte
Gbps – Gigabits por segundo
HD – *Hard Disk*
HDTV – *High Definition Television*
I2C – *Inter Integrated Circuit*
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISDB – *Integrated System Digital Broadcasting*
ISDB-T – *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*
Kb – Quilobit
LVDS – *Low Voltage Differential Signaling*
Mbps – Megabits por segundo
MB/s – Megabytes por segundo

MHz – Megahertz
MPEG-2 – *Moving Picture Experts Group Layer-2*
MPEG-4 – *Moving Picture Experts Group Layer-4*
NCM – Nomenclatura Comum do MERCOSUL
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PCI – Placa de Circuito Impresso
PDF – *Portable Document Format*
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PVR – *Personal Video Recorder*
RF – Rádio Frequência
SBTVD – Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SBTVD-T – Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre
SCL – *Serial Clock*
SDA – *Serial Data*
SDTV – *Standard Definition Television*
SET – Sociedade de Engenharia de Televisão
SMD – *Surface-Mount Device*
SPI – *Synchronous Parallel Interface*
STB – *Set Top Box*
TEI – *Transport Error Indicator*
TS – *Transport Stream*
TV – Televisão
TVD – Televisão Digital
UHF – *Ultra High Frequency*
USB – *Universal Serial Bus*
V – Volts
VDC – Tensão Contínua
VHF – Very High Frequency

SUMÁRIO

RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XIII
LISTA DE ABREVIações E SIGLAS	XV
1.INTRODUÇÃO	19
1.1. JUSTIFICATIVA	22
1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	24
1.3. OBJETIVO GERAL	25
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
2.EMBASAMENTO TEÓRICO	27
2.1. SURGIMENTO DA TELEVISÃO DIGITAL NO BRASIL	27
2.2. AS VANTAGENS DA TELEVISÃO DIGITAL	28
2.3. PADRÕES DA TELEVISÃO DIGITAL	29
2.3.1. ATSC	29
2.3.2. DVB	30
2.3.3. ISDB	31
2.3.4. SBTVD	32
3.METODOLOGIA	33
3.1. PESQUISA DE MERCADO	33
3.1.1. TS Recorder	34
3.1.2. TG-130 Transport Stream Recorder	35
3.1.3. RF3000 Recorder	37
3.1.4. AT4USB (AsiPod)	38

3.1.5. SPA-11P	38
3.2. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS	39
3.3. ANÁLISE DA PLACA DE REFERÊNCIA	40
3.4. FORMAÇÃO DE CONCEITO DO PROTÓTIPO	45
3.5. PROJETO DO PROTÓTIPO	46
3.5.1. Diagrama de Blocos	46
3.5.1.1. Bloco Fonte	47
3.5.1.2. Bloco EEPROM	49
3.5.1.3. Bloco Sintonizador	50
3.5.1.4. Bloco Processador	52
3.5.2. Esquemático e <i>Layout</i> do Projeto	54
3.5.2.1. Conversor DC-DC <i>Step-Down</i>	56
3.5.2.2. Memória EEPROM	57
3.5.2.3. Módulo Sintonizador	58
3.5.2.4. Processador	59
3.5.3. Arquivos de Projeto	60
3.5.4. Fabricação e montagem da placa	61
4.RESULTADOS EXPERIMENTAIS	63
4.1. INSPEÇÃO VISUAL	63
4.2. VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E SINAIS	65
4.3. COMUNICANDO COM O <i>SOFTWARE</i>	66
4.4. DESEMPENHO	69
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6.REFERÊNCIAS	75
7.BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	77

1. INTRODUÇÃO

O sistema de televisão, assim como outras invenções brilhantes, contou com o trabalho de pesquisadores ao longo de anos até estar pronto para transmitir seus sinais aos telespectadores. Desde o seu advento em meados de 1920, assim como outros meios de comunicação de massa, a televisão (TV) faz parte do cotidiano da sociedade, tendo alta adesão em todas as classes sociais. Os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, mostram que no Brasil, o índice de domicílios com TV chega a 95% dos lares (IBGE, 2011). Seja por razões culturais ou financeiras, a televisão é um fator de formação de opinião muito forte pelo simples fato de ser uma das principais formas de entretenimento e informação de grande parte da população (OLIVEIRA, 2009).

A televisão aberta, por ser livre e gratuita no Brasil, exerce um papel inclusivo e democrático, possibilitando que toda a sociedade tenha à sua disposição a mesma fonte de entretenimento, educação, cultura e informação áudio-visual. Além disso, é um meio de comunicação para a construção de opiniões, tendo em vista a grande massa que possui acesso à televisão. Isto é, os brasileiros veem os mesmos telejornais, telenovelas, programas de auditório etc. (OLIVEIRA, 2009).

As mídias, na grande maioria, já estão na era digital. A exceção corre por conta da TV aberta, que apesar de já ter iniciado as transmissões na tecnologia digital, ainda transmite principalmente no formato analógico. Esta transição está no seu limiar e deverá durar por aproximadamente mais quatro anos. (OLIVEIRA, 2009).

A Televisão Digital (TVD) é capaz de reproduzir imagens nítidas sem distorção e sons mais reais, proporcionando ao telespectador as mesmas sensações experimentadas em salas de cinema. Entretanto, para alcançar essa excelência é necessária uma estabilidade na transmissão e uma tela com dimensões proporcionais às das salas de projeção (OLIVEIRA, 2009).

O Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD-T) foi desenvolvido com base no sistema japonês, mais conhecido como *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* (ISDB-

T). O SBTVD-T oferece diferenciais em relação aos sistemas de TV Digital atualmente em funcionamento no mundo, como, por exemplo, a compressão de áudio e vídeo utilizando o AAC e codec H264, respectivamente. Esses diferenciais estão justamente no “casamento” entre a base técnica de transmissão do sistema japonês com os padrões de compressão digital de áudio e vídeo introduzidos pelo Brasil, que são mais modernos e eficientes do que os adotados por outros padrões. Essa especificidade possibilita a transmissão de altíssima qualidade, permitindo ao mesmo tempo a recepção móvel e portátil dos sinais de TV Digital (DTV, 2011).

Cabe destacar também a importância da interatividade. Atualmente, documentos sobre a camada de interatividade, o *middleware* Ginga da TV Digital brasileira, estão em processo de Consulta Nacional da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). As possibilidades de interatividade são as mais variadas: usuários com uma TV de alta definição e com conversor digital conectados à rede, utilizando apenas o controle remoto, têm acesso a enquetes, compra de produtos anunciados, transações bancárias, além de informações sobre programas, filmes e novelas (DTV, 2011).



FIGURA 1 – Países que aderiram ao padrão brasileiro de TV Digital.

Fonte: <http://www.dtv.org.br/>.

O governo brasileiro vem realizando demonstrações do sistema SBTVD-T em várias nações do continente. Como resultado, é possível perceber na Figura 1 que o padrão brasileiro já foi aderido na grande maioria dos países latino americanos. É provável que outros países da América Latina também adotem esse padrão, garantindo uma maior integração em suprimento de peças, equipamentos e soluções para o mercado de TV Digital (DTV, 2011).

No Brasil, o início das transmissões nesse sistema ocorreu no dia 02 de dezembro de 2007, em São Paulo, e hoje já se

espalha pelas grandes cidades do país. Anteriormente ao início das transmissões, grupos de pesquisadores, empresas e universidades já pesquisavam, estudavam, desenvolviam e testavam diversas tecnologias para a evolução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), mesmo o Brasil já sendo reconhecido como provedor da melhor tecnologia de TV Digital do mundo (DTV, 2011).

Muitas cidades ainda não possuem transmissão de TV Digital. Outras possuem, porém não oferecem conteúdos interativos em suas transmissões, tornando-se inviável a evolução de uma tecnologia dessa escala em laboratório, tendo em vista a falta de infraestrutura e a precariedade, principalmente para testes de simulação em campo, dos *hardwares*, *softwares* e *firmwares* desenvolvidos. Dessa forma, propõe-se o estudo de uma tecnologia em evidência, a TV Digital, com o intuito de desenvolver uma solução capaz de colaborar a suprir necessidades de falta de infraestrutura para testes.

1.1. JUSTIFICATIVA

A presença da televisão aberta atinge cerca de 95% dos domicílios do país, superando amplamente as televisões por assinatura, cuja adesão é de aproximadamente 7% (IBGE, 2011). Isso mostra que a televisão aberta, por ser livre e gratuita, possui significativa importância para as famílias brasileiras, constituindo-se, em muitos casos, a única fonte de informação, cultura e entretenimento acessível por grande parcela da população.

Considerando esses números, o Decreto nº 4.901, de 26 de novembro de 2003, instituiu o SBTVD-T e delineou os princípios norteadores para o desenvolvimento da TV Digital no Brasil:

- promover a inclusão social, a diversidade cultural do País e a língua pátria por meio do acesso à tecnologia digital, visando à democratização da informação;
- propiciar a criação de rede universal de educação a distância;
- estimular a pesquisa e o desenvolvimento e propiciar a expansão de tecnologias brasileiras e da indústria

nacional relacionadas à tecnologia de informação e comunicação;

- planejar o processo de transição da televisão analógica para a digital, de modo a garantir a gradual adesão de usuários a custos compatíveis com sua renda;
- viabilizar a transição do sistema analógico para o digital, possibilitando às concessionárias do serviço de radiodifusão de sons e imagens, se necessário, o uso de faixa adicional de radiofrequência, observada a legislação específica;
- estimular a evolução das atuais exploradoras de serviço de televisão analógica, bem como o ingresso de novas empresas, propiciando a expansão do setor e possibilitando o desenvolvimento de inúmeros serviços decorrentes da tecnologia digital, conforme legislação específica;
- estabelecer ações e modelos de negócios para a televisão digital adequados à realidade econômica e empresarial do País;
- aperfeiçoar o uso do espectro de rádio frequências;
- contribuir para a convergência tecnológica e empresarial dos serviços de comunicações;
- aprimorar a qualidade de áudio, vídeo e serviços, consideradas as atuais condições do parque instalado de receptores no Brasil; e
- incentivar a indústria regional e local na produção de instrumentos e serviços digitais.

Baseando-se em estudos técnicos, consultas a diversos segmentos da sociedade e também nas discussões realizadas no Congresso Nacional, o Governo Federal definiu as características do SBTVD-T. Anunciou a sua implantação por meio do Decreto nº 5.820, de 29 de junho de 2006, em que mantém as características da TV brasileira, aberta e gratuita para toda a população, mas introduz a possibilidade de ser captada por receptores portáteis e móveis, além de permitir a interatividade do espectador com a programação.

O SBTVD-T difere dos três padrões já existentes (japonês, europeu e norte-americano), por incluir propostas mais avançadas. A transmissão de TV Digital no Brasil será feita pelo

sistema de modulação do padrão japonês com inovações tecnológicas sugeridas pelos consórcios apoiados, ressaltando-se a codificação de vídeo H.264 e o *middleware* Ginga desenvolvido no Brasil (DTV, 2011).

Além da realização desses feitos, se faz necessária muita pesquisa para o desenvolvimento de outros itens que envolvem a TV Digital no Brasil: seja o *hardware* e o *software* do *Set Top Box* (STB), seja o desenvolvimento de aplicações que compõem a camada do *middleware*. Vale lembrar que todo o desenvolvimento passa por testes de validação e desempenho do produto (OLIVEIRA, 2009).

A Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras (Fundação CERTI), situada em Florianópolis, possui um laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) especializado em TV Digital, reconhecido internacionalmente, que sofre com a falta de serviços disponibilizada pelas emissoras. Na capital catarinense, a transmissão de TV Digital é composta por três canais (RBS TV, Rede Record e TV Cultura), mas em nenhum deles são disponibilizados conteúdos interativos, tornando-se inviáveis testes avançados e/ou específicos. Dessa forma, são necessárias gravações de transmissões em outras cidades para que sejam reproduzidas em laboratório, simulando testes de campo e possibilitando testes repetitivos, proporcionando um desenvolvimento muito mais robusto e confiável.

1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No Brasil, poucas são as cidades que possuem transmissão de TV Digital. São em três capitais da região Sudeste, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, onde se encontram as maiores concentrações desse tipo de transmissão. Nessas cidades, a população já possui acesso a cinco emissoras ou mais. Outras capitais e cidades brasileiras também já possuem a transmissão, porém, além de contarem apenas com uma emissora transmitindo, a falta de conteúdos em alta definição e de interatividade – que são características marcantes da TV Digital – faz com que os laboratórios localizados nesses locais sejam precários em relação à infraestrutura de testes (OLIVEIRA, 2009).

Com a necessidade cada vez maior de execução de testes para melhoramento do Sistema Brasileiro de TV Digital; considerando que ainda são poucas as cidades que possuem emissoras transmitindo e levando em conta que viagens para testes em campo aumentam o custo de projetos de P&D, constatou-se a necessidade de elaboração de um equipamento portátil que seja capaz de gravar transmissões de TV Digital. Dessa forma, em 2009, foi desenvolvido um equipamento denominado TS Recorder com essa função. Porém, era um equipamento que necessitava de muitos aparatos: computador com disponibilidade de porta paralela, três *softwares* para seleção da frequência desejada e captura do sinal e, ainda, de uma fonte externa conectada a rede elétrica. Segundo OLIVEIRA (2009), tal equipamento possuía uma forte característica de protótipo, ou seja, como era a primeira versão do projeto, poderia sofrer muitas alterações. Isso se deve à evolução tecnológica, desenvolvendo equipamentos/produtos cada vez mais compactos e específicos. Por isso, o TS Recorder desenvolvido em 2009 já enfrentava os seguintes problemas:

- Os *notebooks* são primordiais para a execução dos testes de campo, tendo em vista a sua praticidade.
- Os modelos atuais de *notebooks* não possuem porta paralela.
- Os *notebooks* antigos, que dispõem de porta paralela, não possuem processamento suficiente para decodificar e executar um vídeo no padrão digital.

Por isso, tendo em vista a extinção da porta paralela nos *notebooks* atuais, a utilização somente da porta *Universal Serial Bus* (USB) para comunicação entre equipamento e computador é um requisito de mercado fundamental. Outra ideia ambiciosa, segundo OLIVEIRA (2009), era o desenvolvimento de um *software* integrado com o produto, que executasse as funções de sintonia da frequência desejada, gravação de *streams* e análise em tempo real dos dados adquiridos.

1.3. OBJETIVO GERAL

Implementar um *hardware* portátil capaz de gravar fluxo de dados de transmissão do sinal de TV Digital, utilizando apenas a porta USB de um notebook, com estimativa de ampliar ainda mais a qualidade no desenvolvimento do SBTVD e proporcionar uma mínima infraestrutura aos pesquisadores de TV Digital para testes.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o padrão de transmissão de TV Digital no país.
- b) Identificar no mercado atual equipamentos semelhantes, levantando suas características.
- c) Integrar no protótipo as características de portabilidade.
- d) Identificar quais os melhores componentes para melhor desempenharem a função do *hardware*.
- e) Implementar o diagrama esquemático completo do protótipo.
- f) Elaborar o *layout* de uma placa de circuito impresso (PCI), de acordo com o diagrama esquemático.
- g) Fabricar a PCI e executar a montagem dos componentes necessários.
- h) Validar o protótipo, considerando seu desempenho.
- l)** Relatar todos os processos envolvidos.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

A implantação da Televisão Digital proporcionou um grande avanço no que diz respeito à radiodifusão terrestre, quando comparada à Televisão Analógica. Essa tecnologia traz como principal característica a melhoria da qualidade de imagem e som. Além disso, possibilita a interatividade, fazendo com que o telespectador usufrua das informações enviadas pelas emissoras (BITTENCOURT; BENNERT, 2007).

Para compreender os avanços introduzidos na TV Digital, faz-se necessário um estudo de breves conceitos sobre os padrões existentes, além de definições contemplem questões relacionadas à transmissão, recepção, compressão e codificação que são utilizados nessa tecnologia.

2.1. SURGIMENTO DA TELEVISÃO DIGITAL NO BRASIL

A televisão, desde a sua criação, exerce um forte papel como meio de comunicação e entretenimento na sociedade, caminhando junto com a evolução tecnológica. Com novas técnicas digitais aderidas nos últimos anos, a televisão passou a evoluir, recuperando o seu espaço diante das altas definições de som e imagem das imponentes telas de cinema, despertando assim o interesse dos usuários para essa nova tecnologia (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

Em 26 de novembro de 2003, instituiu-se o decreto nº. 4.901, referindo-se ao Sistema Brasileiro de Televisão Digital, cujos objetivos eram promover a inclusão social, a diversidade da cultura no país e a língua pátria por meio do acesso à tecnologia e delineando os princípios para o desenvolvimento da TV Digital.

Desde então, o Brasil iniciou dentro dos laboratórios da Universidade Mackenzie de São Paulo em convênio com a Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (ABERT) e com a Sociedade de Engenharia de Televisão (SET), trabalhos de pesquisa na área, com o estudo de desempenho dos três primeiros padrões de modulação para transmissão de TV digital terrestre que surgiram: *Advanced Television System*

Committee (ATSC), Digital Video Broadcasting (DVB) e Integrated System Digital Broadcasting (ISDB) (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

2.2. AS VANTAGENS DA TELEVISÃO DIGITAL

A televisão digital destaca-se por inúmeras vantagens, dentre elas: alta qualidade de imagem, tela mais larga, sistema de som com até seis canais simultâneos (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005). Quando disponível o sistema *home theater*, percebeu-se que a qualidade de áudio é semelhante à de cinema. Outra vantagem ainda em relação ao áudio refere-se à possibilidade de escolha do idioma, quando o programa transmitido dispõe, de acordo com o gosto do telespectador (OLIVEIRA, 2009). Além disso, a exibição de vários programas no mesmo canal de transmissão se destaca, ou seja, um aumento no conjunto de opções ao usuário, maior flexibilidade para o telespectador e ampliação das oportunidades de negócios para a operadora (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

Bittencourt (2007) é muito feliz em sua afirmação e diz que a criação da TV digital está trazendo grandes vantagens com relação à televisão analógica, como, por exemplo, o aumento da qualidade de imagem e som, interatividade dos telespectadores e a possibilidade de aumentar a diversidade de programação.

Durante a exibição do programa, existe a possibilidade de interatividade onde é possível acessar e-mail, votar em enquetes, efetuar transações bancárias, acessar serviços, tudo comandado pelo controle remoto da televisão (OLIVEIRA, 2009).

Outro diferencial importante da tecnologia digital é que esse sistema se mostra mais resistente a interferências de sinais causados por multipercursos, efeito Doppler, ruído impulsivo e mesmo por interferência de canais adjacentes. Para uma mesma potência de transmissão, o alcance da TV digital é maior se comparado com o sistema analógico, permitindo que usuários residentes em locais mais distantes tenham uma recepção de imagem de igual qualidade a quem reside próximo às antenas de

transmissão (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

Vale lembrar que as operadoras não necessitam de equipamentos adicionais para a geração dos programas na nova tecnologia, já que a maioria dos programas atuais é produzida em sistemas digitais. Até porque está se adotando uma implementação gradual por meio de um conversor denominado *Set Top Box* (STB), que converte o sinal na recepção digital em analógico, proporcionando o uso dessa tecnologia por televisores analógicos (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

Outra vantagem a ser considerada da TV Digital, ainda no campo técnico, é a otimização do espectro de frequências, que ocorre devido à compactação do sinal, proporcionando uma transmissão com menos interferências. Na transmissão analógica, um canal pode interferir no outro se estes forem alocados em frequências próximas. Para não ocorrer esse problema, em Florianópolis, por exemplo, os canais utilizados são 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18, 20 etc. Ou seja, são usados aproximadamente 120 MHz para transmitir oito canais, que, em tese, precisariam de apenas 48 MHz para transmissão (BECKER; MONTEZ, 2004).

A TV digital trouxe, enfim, inúmeros benefícios ao Brasil no que se refere à interatividade. Além de oferecer melhor qualidade de som e imagem, a tecnologia permitirá ao telespectador acessar inúmeros serviços (*t-commerce*, *browser* etc.), diretamente de um aparelho de televisão. Essa mudança trará novos serviços para os consumidores e um enorme potencial de oportunidades para o governo, para as emissoras de televisão e telecomunicações e para toda a indústria brasileira (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

2.3. PADRÕES DA TELEVISÃO DIGITAL

2.3.1. ATSC

O *Advanced Television Systems Committee* foi criado em 1982, é composto por 170 membros e caracteriza o padrão

americano de TV Digital. Está ativo nos Estados Unidos desde 1998 e foi adotado em países como Canadá, Coréia do Sul, Taiwan e Argentina (FERNANDES; LEMOS; SILVEIRA, 2004). Em Taiwan, existe um forte indício que ocorrerá uma revisão do padrão de sistema de TV Digital a ser adotado. Na Argentina, essa revisão já está ocorrendo e o novo padrão adotado foi o SBTVD.

Em julho de 2004, de um total de 1722 emissoras afiliadas nos EUA, cerca de 80% estavam no ar. Todas as emissoras afiliadas nos trinta principais mercados televisivos já estavam operando. Com esse nível de implementação, cerca de 100% dos domicílios dos EUA recebiam as transmissões de pelo menos uma emissora/programadora de TV digital terrestre (BITTENCOURT; BENNERT, 2007).

O sistema americano ATSC tem como principal característica ser monoportador, com modulação de amplitude de 8 níveis na versão *8 Level Vestigial Side Band* (8-VSB), ocupando a mesma banda de 6 MHz utilizada no sistema analógico. Codifica o sinal de vídeo digitalizado de 1 Gbps, comprimido pelo MPEG2 para a taxa de 19,39 Mbps. Além disso, o ATSC usa o *Dolby Surround AC3*, que suporta a transmissão do sinal de áudio através de cinco canais somados a um canal específico de baixa frequência, conhecido como o *Dolby 5.1* e amplamente utilizado nos *home theaters* (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

2.3.2. DVB

O sistema europeu *Digital Video Broadcasting* (DVB) é um consórcio iniciado em setembro de 1993, composto por mais de 300 membros. Desde 1998, esse padrão está em operação. Teve início no Reino Unido e posteriormente se expandiu para países da União Europeia, Austrália, Nova Zelândia, Malásia, Hong Kong, Singapura, Índia e África do Sul. A Inglaterra, por exemplo, possui mais de um milhão de receptores digitais instalados (FERNANDES; LEMOS; SILVEIRA, 2004).

Os objetivos iniciais desse sistema se caracterizavam em difundir digitalmente vídeos de alta qualidade, com boa qualidade de programação através de canais de banda estreita, aumentando

o número de canais utilizando a mesma faixa de frequência atual. O sistema também permite a recepção de programas de televisão com ótima qualidade em equipamentos de bolso com pequenas antenas de recepção (recepção portátil) e recepção móvel (DVB PROJECT, 2001).

O padrão DVB, embora originalmente desenvolvido para a largura de banda do canal de 8 MHz, pode ser configurado para outras larguras como 7 ou 6 MHz. A principal característica desse sistema é o fato de ser multiportador (1705 portadoras para o modo 2K e 6817 para o modo 8K) com modulação *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex* (COFDM), além da introdução do intervalo de guarda que permite um bom desempenho contra as interferências originadas de multipercursos (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

O DVB é decorrente da opção da comunidade europeia de promover o aumento no número de programações na plataforma terrestre de televisão, em detrimento da opção pela qualidade de imagem em alta definição. Vale ressaltar a sua capacidade excepcional para recepção móvel, uma característica importante do padrão, que não é possível no sistema ATSC (BITTENCOURT; BENNETT, 2007).

O sistema de som utilizado nesse padrão é o MUSICAN Stereo comprimido pelo *Moving Picture Experts Group Layer-2* (MPEG-2) ou o *Dolby AC3* (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

2.3.3. ISDB

O padrão *Integrated Services Digital Broadcasting* foi especificado pelo grupo *Digital Broadcasting Expert Group* (DtBEG) em 1999, no Japão, e entrou em operação no ano de 2003 na cidade de Tóquio (FERNANDES; LEMOS; SILVEIRA, 2004).

O sistema japonês é uma evolução do sistema DVB com o uso de multiportadoras, modulação COFDM e inserção de intervalo de guarda. Uma inovação desse sistema é a possibilidade de transmitir até 3 feixes de dados simultâneos com modulações diferentes entre si, utilizando um ou mais segmentos

para cada camada. A segmentação divide a banda de 6 MHz do canal em 13 segmentos (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

O modelo de exploração é baseado principalmente na monoprogramação, ou seja, devido à alta definição de imagem (*High Definition Television* - HDTV). Porém, não é exclusiva. Eventualmente, a emissora pública japonesa NHK utiliza a multiprogramação (*Standard Definition Television* - SDTV) em alguns horários de sua grade (BITTENCOURT; BENNERT, 2007).

O sistema de som utilizado por este sistema é o *Advanced Audio Coding* (AAC), compatível com *Dolby AC3* (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, 2005).

2.3.4. SBTVD

Após a promulgação do decreto nº 4.901 de 2003, que instituiu o Sistema Brasileiro de Televisão Digital, iniciaram-se no Brasil testes com os três sistemas implementados mundialmente (ATSC, DVB e ISDB). Os testes foram realizados pela SET, ABERT e pelo Instituto Mackenzie, com o acompanhamento e metodologia da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) (OLIVEIRA, 2009).

O padrão Sistema Brasileiro de Televisão Digital é formado por um conjunto de documentos que definem os diversos padrões adotados referentes à transmissão, transporte, codificação e *middleware*. A codificação de áudio e vídeo é totalmente nova, usando *Moving Picture Experts Group Layer-4* (MPEG-4). Esse padrão possui a melhor capacidade de compressão entre os codificadores atuais. Outra novidade é o *middleware* Ginga, que utiliza racionalmente os recursos de memória e processamento. Os *middlewares* adotados nos três sistemas internacionais são mais pesados porque agregam diferentes linguagens de programação, muitas vezes duplicando funções (BITTENCOURT; BENNERT, 2007).

3. METODOLOGIA

Diante das definições apresentadas no embasamento teórico, permitiu-se entender alguns conceitos sobre o assunto TV Digital. A próxima etapa é a descrição do desenvolvimento do protótipo. Vale lembrar que o protótipo que foi desenvolvido é de caráter confidencial, tendo em vista um projeto em parceria com empresas de terceiros.

O tema explorado, apesar de muito falado, é pouco familiar a muitos profissionais da área. Faz-se necessário, então, utilizar o método de pesquisa qualitativa do tipo exploratória, em que ao buscar informações por meio de investigações a respeito de produtos semelhantes é possível a formação de um conceito para o protótipo em desenvolvimento. Comparar o conceito do produto desenvolvido anteriormente (TS Recorder), com as necessidades do mercado atual, desperta novas ideias para a produção de um novo equipamento.

Primeiramente, será executada uma pesquisa de mercado, em que serão levantadas e analisadas as características dos produtos que atuam nesse nicho. Após esse processo, será executada uma análise do produto desenvolvido anteriormente, tecendo comentários sobre as suas características. Em seguida, a determinação e a formação do conceito do protótipo, descrevendo suas características.

Assim, a próxima etapa do desenvolvimento tem por objetivo descrever todas as etapas do processo de desenvolvimento do *hardware* de um protótipo, resgatando alguns conceitos abordados no Capítulo 2.

3.1. PESQUISA DE MERCADO

O assunto TV Digital é recente no Brasil, gerando assim muitas oportunidades para o desenvolvimento nesse nicho de mercado. Visando aprimorar o ramo de testes para o desenvolvimento dessa tecnologia, se propôs a criação de um protótipo destinado a gravação de *transport stream* (TS), muito mais robusto e portátil do que os produtos que existem no

mercado, possibilitando a análise na qualidade de transmissão das emissoras brasileiras.

O conceito de *transport stream* se resume da seguinte forma: é uma camada de transporte responsável por prover mecanismos para se transmitir, em um único feixe de transporte de dados, a informação de fluxos de áudio, vídeo e dados (OLIVEIRA, 2009).

Quando se pensa em desenvolvimento de produto ou projeto, logo se pensa em sucesso no mercado. Porém, vale lembrar que esse sucesso depende de alguns fatores básicos: competitividade do produto (inovação tecnológica, qualidade e garantia), escala econômica (custo ligado a qualidade) e dimensão do mercado. Por essa razão, a pesquisa de mercado relacionada ao protótipo a ser desenvolvido e ao público alvo são pontos importantíssimos para qualquer tipo de projeto.

Atualmente, a tarefa de encontrar produtos que executem a gravação e a análise de *transport stream* no mercado brasileiro não é fácil. Por isso, faz-se necessário utilizar pesquisas de produtos que executem a mesma tarefa, porém de padrões diferentes do Sistema Brasileiro de Televisão Digital. Mesmo utilizando padrões de transmissão e recepção que não sejam compatíveis, o objetivo principal é listar quais as principais características dos produtos que já se encontram no mercado.

3.1.1. TS Recorder

O TS Recorder (Figura 2) é um equipamento que foi produzido em laboratório de pesquisa com a finalidade de gravação e análise de *transport stream*. Nesse produto, foi priorizado o desempenho, tendo em vista que nacionalmente não há concorrentes. Dessa forma, a principal preocupação foi produzir um equipamento estável, pois o produto se destacava por sua compatibilidade com o mercado nacional. Dentre suas características mais relevantes, podem-se citar:

- Gravação e análise em tempo real de *transport stream*.
- Alimentação externa (9 V).

- Conexão às portas USB e paralela do computador para configuração e sintonia de frequência.
- Equipamento robusto, propício para testes de campo.



FIGURA 2 – TS Recorder.

Fonte: OLIVEIRA, 2009.

3.1.2. TG-130 Transport Stream Recorder

O TG-130 da PROMAX (Figura 3) é um versátil processador, gravador e *player* com um sintonizador *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T) integrado, que permite capturar o fluxo de dados de transmissão do sinal de TV Digital em tempo real. Além de gravar o fluxo de dados, pode também reproduzi-los. Ainda assim, os dados gravados podem ser processados e editados para a criação de outros fluxos de dados de transmissão do sinal de TV Digital com conteúdos diferentes. É um equipamento útil para testes de campo, pois como possui bateria interna, não é necessário conectar a alimentação para ligá-lo. Outras características marcantes desse produto são (PROMAX,2011):

- Sintonia e gravação através do painel frontal com botões e *display*

- Interface computacional simples e com funções de edição ou adequação de *transport stream*.
- Acoplado a outro equipamento (MO-170 – PROMAX), pode servir como um transmissor de sinal digital.
- Contém um disco rígido (*hard disk* – HD) com duas partições: uma para o sistema operacional e outra para armazenamento de arquivos.
- Contém uma bateria de *Lithium-Ion*, proporcionando algumas horas de operação sem necessitar de energia elétrica.
- Saídas: *Asynchronous Serial Interface* (ASI) utilizando conector BNC e *Synchronous Parallel Interface* (SPI) utilizando conector DB25.
- Entrada: rádio frequência (RF) específica para o padrão DVB-T
- Ethernet para conexão com o computador.



FIGURA 3 – TG-130.

Fonte: <http://www.promax.es/ing/products/fotoprod.php?filename=TG-130.jpg>

3.1.3. RF3000 Recorder

O RF3000 Recorder (Figura 4) pertence à empresa Realfine Electronics Company. O equipamento caracteriza-se por ser portátil, possuindo pequenas dimensões. Além disso, permite a gravação, análise e reprodução de *transport stream*. O dispositivo apresenta uma interface *Low Voltage Differential Signaling* (LVDS) conectada à porta USB do computador. Através dessa conexão, é possível capturar os sinais de *transport stream* e reproduzi-los facilmente. O equipamento desempenha a função de um *Personal Video Recorder* (PVR). As características básicas do produto são:

- Alimentação através da porta USB de um computador.
- Conectores LVDS e USB.
- Teste e medição da qualidade de recepção.
- *Software* para gravação, análise e reprodução incluso.
- Análise em tempo real.
- Portátil, com dimensões que cabem em um bolso.



FIGURA 4 – RF3000.

Fonte: <http://www.hzproduct.com/pro/373/38681/recorder-rf3000-41175.html>

3.1.4. AT4USB (AsiPod)

A empresa Alitronika oferece ferramentas de desenvolvimento e produtos para TV Digital a preços competitivos. Além disso, fabrica um dos menores analisadores de *transport stream* USB do mundo: o AsiPod, mostrado na Figura 5. Esse equipamento possibilita gravação, reprodução e uma análise completa da *transport stream* (visualização de taxas, tabelas, parâmetros). As principais características do produto são (ALITRONIKA, 2011):

- O menor dispositivo de gravação do mundo, com as seguintes dimensões: 50x80x15 mm.
- Compatível com Windows XP, Vista e Windows 7 (32 ou 64 bits).
- Acompanha *software* DVS Station 3.
- Suporta pacotes de 188 e 204 *bytes* ou pacotes de tamanho arbitrário.



FIGURA 5 – AsiPod.

Fonte: <http://www.alitronika.com/at4usb.htm>

3.1.5. SPA-11P

O SPA-11P (Figura 6) é um equipamento poderoso e portátil capaz de processar *transport stream*. Combinado com um *software* executado em um computador, ele fornece funções como análise em tempo real dos dados de transmissão, medição do

sinal RF, gravação e reprodução de *transport stream*. Outras características marcantes deste produto são:

- Porta Ethernet possibilitando ser controlado remotamente.
- Porta Serial RS232.
- Saída RF (75Ω) e saída ASI (BNC 75Ω).
- Alarme e log detalhado de erros.



FIGURA 6 – SPA-11P.

Fonte: http://www.scivo.com/E_products_SPA-11P.htm

3.2. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS

Essa etapa visa reavaliar as especificações dos produtos encontrados na pesquisa de mercado. Dessa forma, foi possível analisar quais as características marcantes dos produtos que já estão disponíveis e procurou-se listá-las de acordo com alguns fatores, entre eles inovação, tecnologia, qualidade, garantia e dimensão.

Alguns dos recursos utilizados para o desenvolvimento desses produtos são bastante avançados, tendo em vista a capacidade de desempenho retratado pelos produtos pesquisados. Porém, muitas características citadas são vistas como atrativos para o cliente e não como uma necessidade. Esses atrativos fazem com que o custo aumente consideravelmente e o produto perca espaço no mercado (OLIVEIRA, 2009).

Diante dos fatos, agrupando-se as características dos produtos, é possível listar algumas funcionalidades em comum dentre os equipamentos. São elas:

- a) Alimentação via USB.
- b) Entrada RF.
- c) Sintonizar a frequência desejada.
- d) Analisar, armazenar e reproduzir dados de *transport stream*.
- e) Comunicar-se com um computador utilizando a entrada USB.
- f) *Software* compatível com Windows XP, Vista e Windows 7, capaz de configurar parâmetros para desempenhar a função.
- g) Ser portátil e robusto.

3.3. ANÁLISE DA PLACA DE REFERÊNCIA

Juntamente com a pesquisa de mercado, estabeleceu-se contato com uma grande empresa sul-coreana que produz sintonizadores, a Samsung. Foram solicitados amostras do componente, bem como placas de referência. Nesse caso, a empresa forneceria os componentes e as placas de referência, bem como documentação completa, sob a condição de que todo material disponibilizado ficasse em sigilo, mantendo-se o resguardo das informações.

O sintonizador recebido foi similar ao sintonizador utilizado no produto TS Recorder. A grande diferença estava no tamanho. Enquanto o componente recebido, modelo DNOD22QXH103A da Samsung possuía as dimensões de 50x28x10 mm, o componente utilizado no TS Recorder, modelo TDHL-001A da ALPS possuía 70x40x10 mm de dimensões.



FIGURA 7 – Sintonizadores.

As funcionalidades do sintonizador se mantiveram, porém no quesito desempenho o modelo DNOD22QXH103A da Samsung se mostrou melhor. Esse teste de desempenho é realizado de acordo com o *setup* apresentado na Figura 8, que segue o padrão da ABNT NBR 15604:2007, e consiste em medir a sensibilidade do sintonizador. Através da atenuação do sinal proveniente de um transmissor Rohde & Schwarz SFU, é possível verificar o quão sensível é o componente. Os valores medidos correspondem ao nível mínimo em que um receptor consegue reproduzir continuamente um vídeo sem apresentar erros em cada frequência.

A mesma *transport stream* e os mesmos parâmetros de modulação foram utilizados para os dois sintonizadores. O acoplamento entre transmissor e receptor foi feito através de conexão direta via cabo coaxial curto, conseqüentemente, assume-se perdas de acoplamento inferiores a 2 dB.

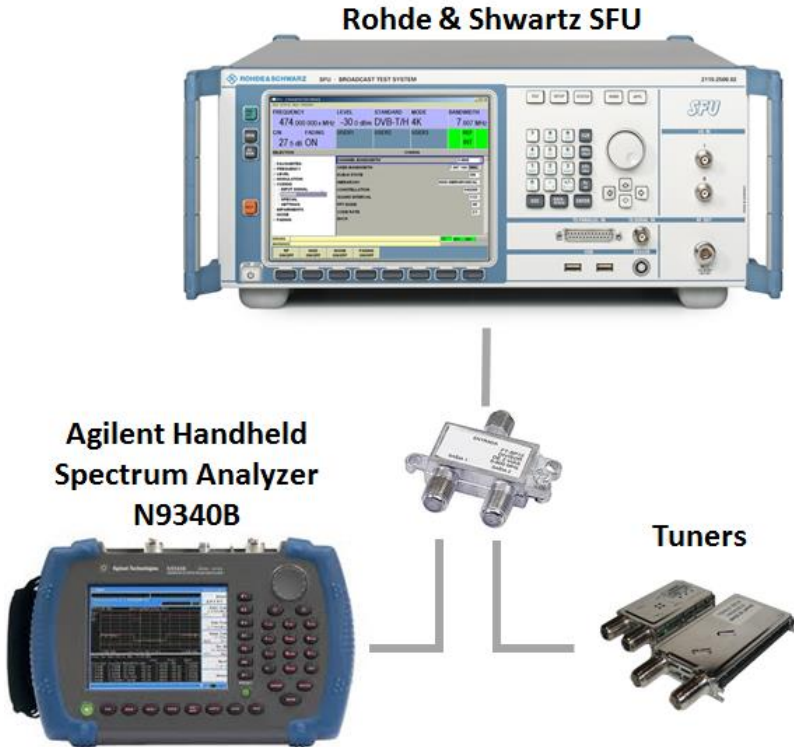


FIGURA 8 – *Setup* de teste de desempenho dos sintonizadores.

Com os dados coletados, foi possível elaborar os gráficos, mostrados nas Figuras 9 e 10, que explicitam os valores referentes ao nível mínimo que cada sintonizador (Samsung e ALPS, respectivamente) continuou reproduzindo um vídeo sem apresentar erros.

Segundo a ABNT NBR 15604:2007, é recomendado que a unidade de sintonia dos receptores satisfaça algumas condições, dentre elas: nível mínimo de entrada do sinal de antena de -77 dBmV ou inferior.

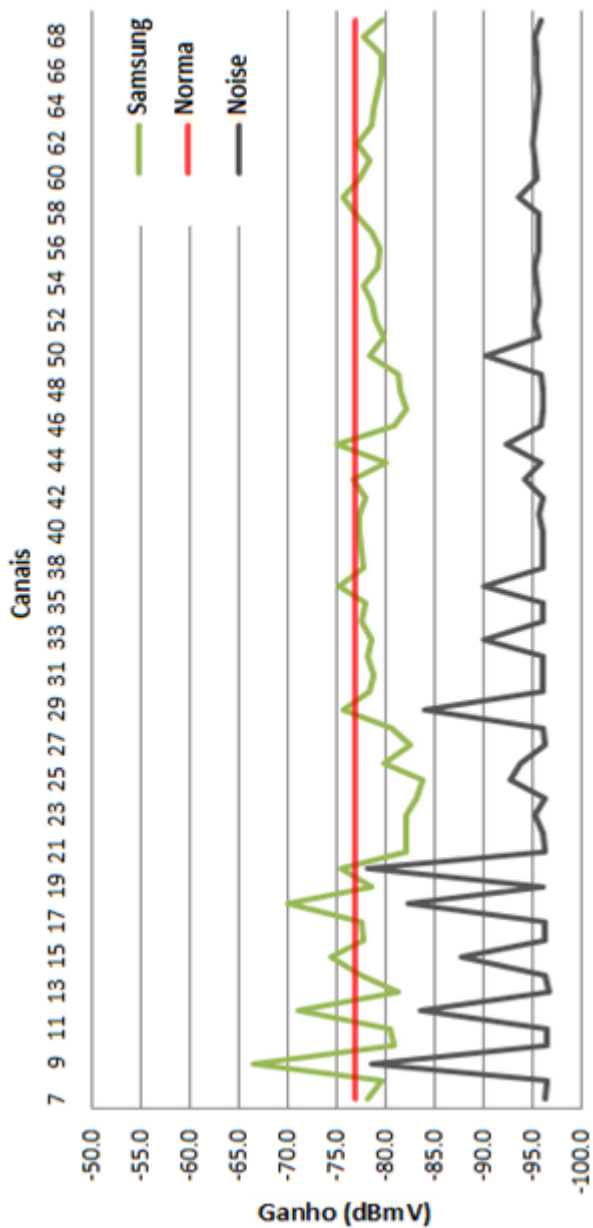


FIGURA 9 - Desempenho do sintonizador Samsung.

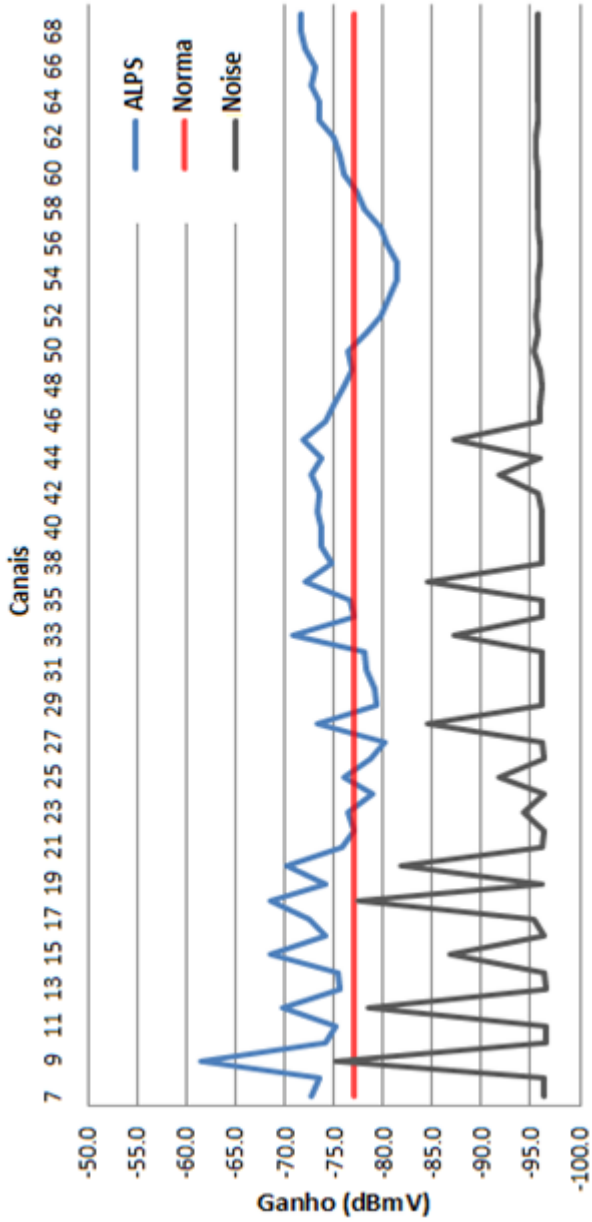


FIGURA 10– Desempenho do sintonizador ALPS.

Analisando as figuras e considerando o nível de ruído proveniente dos canais analógicos locais, é possível perceber que o sintonizador da Samsung respeitou a norma e manteve um bom desempenho ao contrário do sintonizador da ALPS que apresentou erros no sinal transmitido acima do nível mínimo especificado pela norma ABNT NBR 15604:2007. Nesse caso, além desse componente não respeitar a norma, apresentou um desempenho que não foi satisfatório.

Em posse dos dados levantados através dos testes de laboratório, verificou-se a possibilidade de utilização do novo modelo de sintonizador fornecido como amostra, formando um bloco importante do protótipo a ser desenvolvido.

3.4. FORMAÇÃO DE CONCEITO DO PROTÓTIPO

As características dos produtos da pesquisa mercadológica foram avaliadas uma a uma. Além disso, de posse das análises executadas no sintonizador enviado como amostra pela empresa Samsung, propiciando uma diminuição considerável no protótipo, criou-se uma lista de requisitos que o equipamento deveria satisfazer. Dessa forma, foram estabelecidas suas principais características desejadas:

- a) Possuir uma conexão USB para alimentação e transmissão de dados.
- b) Possuir uma entrada RF.
- c) Utilizar um computador como acessório e através de um *software* específico configurar e armazenar os dados, possibilitando a reprodução dos arquivos gravados posteriormente. Proporcionar, também, a análise em tempo real da *transport stream*.
- d) Ser portátil e robusto.

Ao se listar essas características desejadas, levou-se em consideração principalmente a evolução da tecnologia, visto que o menor sintonizador (modelo DNOD22QXH103A, da Samsung) executa com melhor desempenho a mesma função. Nesse caso, o protótipo desenvolvido caracteriza-se por uma evolução do

produto TS Recorder e, ainda, mostra-se compatível com as dimensões dos modelos disponíveis no mercado atualmente.

3.5. PROJETO DO PROTÓTIPO

Diante da concorrência acirrada, que tem estabelecido ciclos de vida cada vez mais curtos para os produtos, além de demandar pelo lançamento de produtos inovadores e que atendam as exigências dos clientes consumidores, constituiu-se outro desafio: proporcionar a rentabilidade esperada pela organização (OLIVEIRA, 2009). Considerando essa perspectiva, o desenvolvimento de um protótipo se torna parte primordial de um projeto. O relato desse desenvolvimento foi executado de forma estruturada, focando na análise das etapas necessárias para constituir o *hardware* do protótipo.

3.5.1. Diagrama de Blocos

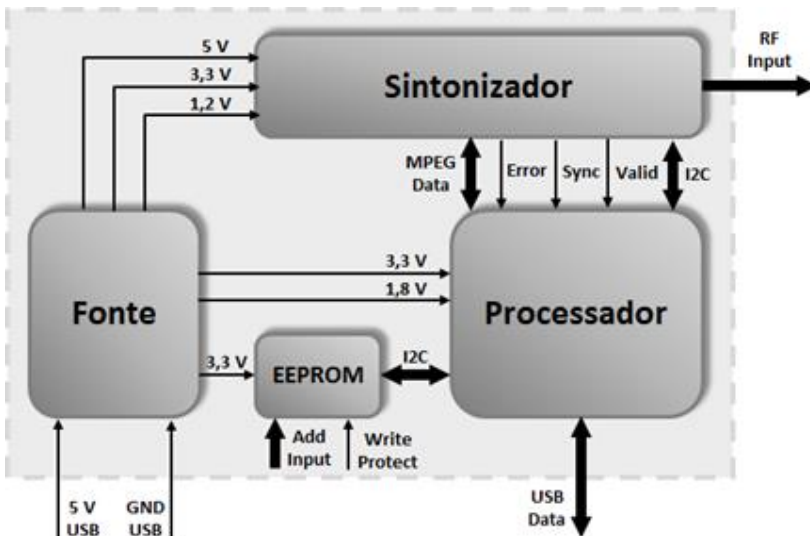


FIGURA 11 – Diagrama de blocos do protótipo.

O protótipo pode ser visualizado, de forma geral, através da análise do diagrama de blocos apresentado na Figura 11. Os blocos em questão serão descritos com maiores detalhes para um melhor entendimento de todo o circuito. Vale lembrar que a base do projeto está totalmente voltada para o sintonizador que, juntamente com os outros periféricos, executa a tarefa de aquisição de sinal de TV Digital.

3.5.1.1. Bloco Fonte

O bloco denominado Fonte é o responsável pela alimentação do protótipo. Os circuitos são alimentados com 5 V obtidos através do conector USB. Os outros blocos utilizam outras tensões (1,2 V; 1,8 V e 3,3 V) que são derivadas desses 5 V provenientes da USB. Alguns blocos utilizam mais de uma tensão para o funcionamento. Por isso, a Figura 12 apresenta o bloco separadamente para um melhor entendimento de sua função.

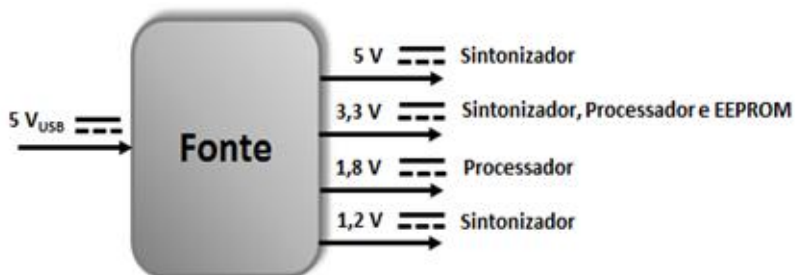


FIGURA 12 – Bloco Fonte.

Pode-se observar que, esse bloco gera quatro níveis de tensão diferentes. Com exceção da tensão de 5 V, para chegar ao valor das outras três tensões (3,3 V, 1,8 V e 1,2 V) utilizou-se um conversor DC-DC *Step-Down* da Analog Devices, apresentado na Figura 13. As principais características e aplicações desse componente são:

- Eficiência de 95%.

- Tensão de entrada podendo variar de 2,3 a 5,5 V.
- Tensões de saída podendo ser fixadas em 3,3 V; 3 V; 2,5 V; 2,3 V; 1,82 V; 1,8 V; 1,5 V; 1,3 V; 1,2 V; 1,1 V ou 1 V.
- Proteção contra sobrecorrente e proteção térmica.
- *Soft start* interno.
- Aplicações em *media players* portáteis, câmeras digitais, navegadores GPS etc.

Para que o conversor forneça as tensões desejadas é necessário calcular os componentes considerando a tensão de entrada disponibilizada. A Figura 13 também mostra o circuito típico sugerido na folha de dados do componente. Além disso, é possível verificar também na folha de dados todos os cálculos necessários para determinar os valores dos componentes utilizados e assim chegar às tensões almejadas. Vale lembrar que o desempenho do conversor está intimamente ligado à escolha dos componentes periféricos.

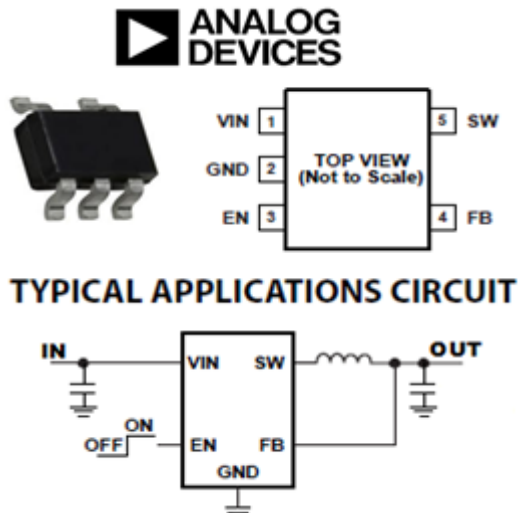


FIGURA 13 – Conversor *Step-Down* DC-DC da Analog Devices.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

3.5.1.2. Bloco EEPROM

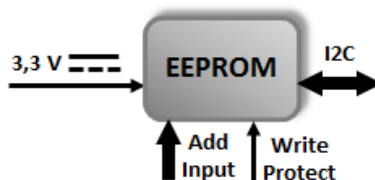


FIGURA 14 – Bloco EEPROM.

O bloco *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM) contém uma memória desenvolvida pela Atmel. O dispositivo é organizado com 512/1024 *words* de 8 bits, totalizando 4Kb/8Kb e é otimizado para o uso em muitas aplicações industriais e comerciais, em que um baixo consumo de energia seja requisitado. A comunicação utilizada por esse *chip* é o protocolo *Inter-Integrated Circuit* (I²C). Esse protocolo foi desenvolvido pela Philips e é utilizado para conectar dispositivos de baixa velocidade a um sistema embarcado. A comunicação se dá através de dois terminais: o *Serial Clock* (SCL) e o terminal bidirecional *Serial Data* (SDA). Seguem outras características importantes do componente utilizado no bloco apresentado na Figura 14:

- Baixa tensão de operação, podendo variar entre 1,8 e 5,5 V.
- Interface I²C.
- I/O com supressão de ruídos.
- Pino *Write Protect* para proteção dos dados.
- Ciclos de gravação: 1 Milhão.
- Retenção de dados: 100 anos.

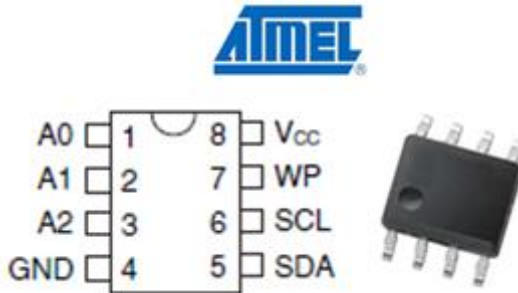


FIGURA 15 – Pinout da Memória EEPROM.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

A memória ainda possui um barramento de endereços que permite trabalhar sua comunicação com mais de um dispositivo. Para isso, basta apenas alterar os valores dos pinos de endereçamento.

3.5.1.3. Bloco Sintonizador

O Bloco Sintonizador é um dos mais importantes do projeto. O componente que compõe esse bloco é um módulo ISDB-T com alto desempenho em sintonia e demodulação. Com ele é possível fazer a recepção de sinais em toda gama de frequência *Very High Frequency* (VHF) e *Ultra High Frequency* (UHF) transmitido pelas emissoras (54 a 806 MHz). Além do alto desempenho em RF, o consumo de potência é muito baixo. Seguem algumas características do componente na Tabela 1.

TABELA 1 - Especificações do sintonizador.

Item	Specification				
Receiving System	ISDB-T system				
Receiving Channel		CH	Frequency Range	Reception	Note
	VHF	CH2~CH6	54 ~ 88 MHz	○	optional
		CH7~CH13	174 ~ 216 MHz	○	-
UHF	CH14~CH69	470 ~ 806 MHz	○	-	
Receiving Signal Type	All combinations of below parameters can be received and automatically detected.				
	Bandwidth		6MHz		
	Mode		Mode1, Mode2, Mode3		
	Modulation Type		DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM		
	Guard Interval		1/32, 1/16, 1/8, 1/4		
	Code Rate		1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8		
Time De-Interleave		I=0, 1, 2, 4, 8 (Mode3)			
Intermediate Frequency	IF mode	Center IF Frequency	note		
	Low IF	3.25 MHz	default		
Input/Output Impedance	RF-Input Impedance	75 Ω (IEC-DIN female)			
	RF-Output Impedance	75 Ω (IEC-DIN male)			
TS Output	Parallel / Serial (+3.3V CMOS Level)				
Conversion Type	Double Conversion				
Demodulator	TC9050				

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

Apesar de o fabricante do sintonizador ser a Samsung, o principal circuito integrado do módulo é o demodulador da Toshiba. Ele é responsável por todos os pacotes de dados e funções que são necessários à *transport stream* (dados do MPEG,

sincronização, indicação de erro, reset etc). A Figura 16 apresenta o módulo e o circuito integrado que o compõe internamente.



FIGURA 16 – Módulo Sintonizador.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

3.5.1.4. Bloco Processador

O bloco Processador é responsável por boa parte do processamento do protótipo. Nele passam as informações dos dados adquiridos que, em seguida, são disponibilizadas para o armazenamento.

O componente que controla todo esse processamento, fabricado pela empresa Genesys Logic, é um controlador USB de alto desempenho específico para aplicações PC-DTV. O controlador disponibiliza uma velocidade de 480 Mbps para transferência de vídeo, consumindo uma pequena potência e proporcionando um baixo consumo. Tendo em vista a imensa lista de características do componente apresentado na Figura 17, as que se destacam pela importância para o projeto são:

- Suporta USB 2.0 proporcionando alta velocidade de transferência de vídeo (24 MB/s).
- Interface de demodulação MPEG2-TS.
- Microcontrolador 8052 embarcado operando a 15 MHz com 8 KB de ROM.

- Suporta *firmware* armazenado em uma memória externa.

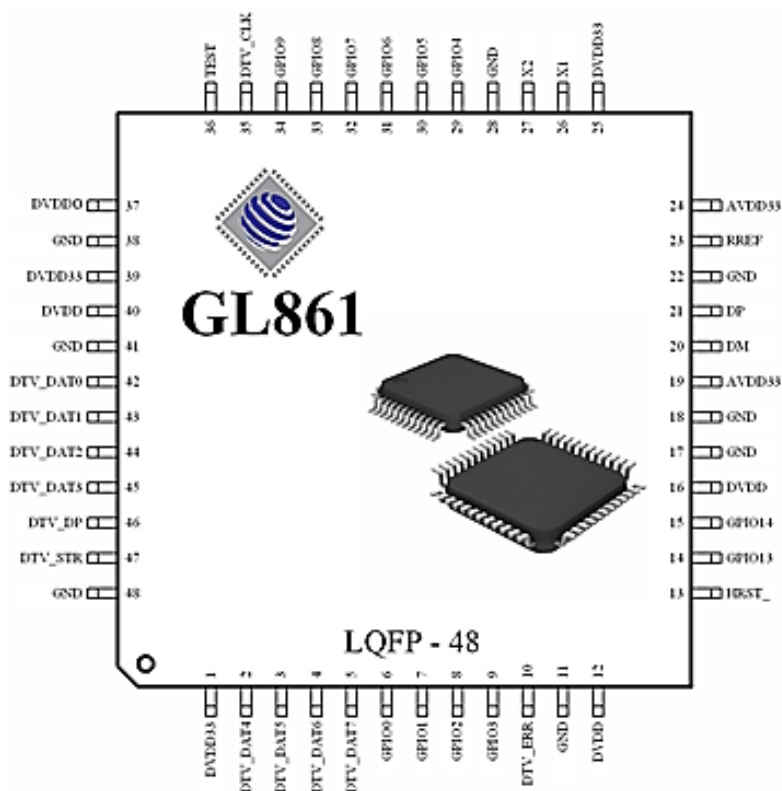


FIGURA 17 – Controlador para PC-DTV.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

Vale salientar que esse componente se comunica com o Bloco Sintonizador através da interface I²C para a configuração de frequência a ser capturada. Além disso, recebe os bits de erro, sincronismo e validação que, somados ao byte de dados MPEG formam o pacote da *transport stream* capturado pelo sintonizador.

3.5.2. Esquemático e *Layout* do Projeto

A etapa seguinte ao desenvolvimento do diagrama de blocos é o diagrama esquemático e o *layout* do projeto, ou seja, desenvolver e desenhar o esquema elétrico e a placa de circuito impresso (PCI) utilizando a ferramenta denominada *Electronic Design Automation* (EDA). Essa ferramenta refere-se à um *software* específico para esse tipo de desenvolvimento (esquemático, *layout* e outros tópicos referente a projetos eletrônicos).

A ferramenta EDA utilizada para o desenvolvimento do projeto (diagrama esquemático e *layout* da PCI) foi o Altium Designer Summer 09. Trata-se de uma plataforma integrada de *software* que traz consigo todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento completo de um projeto de produto eletrônico. O Altium Designer inclui ferramentas para todo tipo de tarefa: esquemático, simulação de circuito, análise da integridade de sinal, PCI *design*, captura de *design* HDL e desenvolvimento e *design* de FPGA baseado em sistemas embarcados.



FIGURA 18 – Inicialização do Altium Designer Summer 09.

Nessa etapa, foi necessário criar uma biblioteca dos componentes que foram utilizados no projeto. Essa biblioteca contempla, basicamente, os seguintes itens:

- a) **Symbol:** é o símbolo de cada componente utilizado no diagrama esquemático.
- b) **Designator:** é o número atribuído a cada componente do projeto.
- c) **Value:** é o valor ou código atribuído aos componentes.
- d) **Footprint:** é o desenho do componente utilizado na PCI.

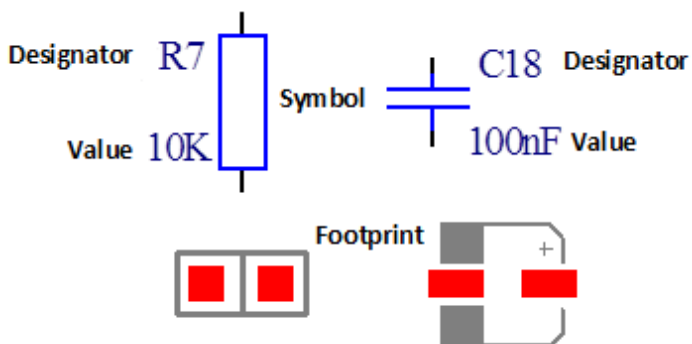


FIGURA 19 – Itens que compõem a biblioteca de componentes.

As folhas de dados (*datasheets*) são de extrema importância nessa fase do projeto. Esse documento possui características elétricas, instruções para dimensionamento e, também, requisitos de layout com instruções a serem seguidas para o desenho do *layout* da PCI.

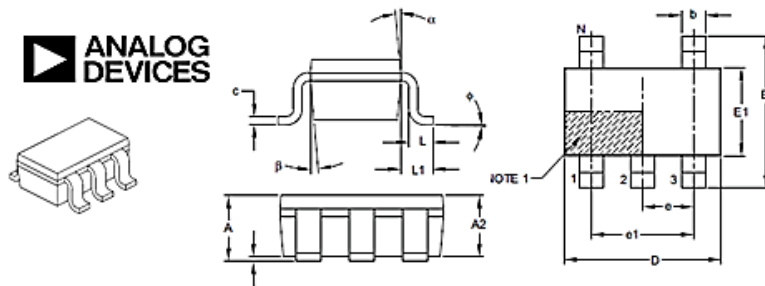
Segundo OLIVEIRA (2009), além do diagrama esquemático, das folhas de dados de cada componente e da biblioteca criada, foi necessário estabelecer os requisitos críticos da placa. Em projetos envolvendo sinais de RF, esses requisitos são muito rigorosos e caso não atendidos o protótipo confeccionado pode não funcionar como o esperado.

Por isso, antes de iniciar o roteamento da placa de circuito impresso, é necessário realizar a especificação física da placa:

tamanho da placa, posicionamento dos componentes (respeitando os requisitos críticos) e posicionamento de conectores com a interface externa.

3.5.2.1. Conversor DC-DC *Step-Down*

Para a construção desse componente na biblioteca, foram utilizadas as características contidas na Figura 20.



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Leads	N	5		
Lead Pitch	e	0.95 BSC		
Outside Lead Pitch	e1	1.90 BSC		
Overall Height	A	-	-	1.10
Molded Package Thickness	A2	0.70	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	-	0.10
Overall Width	E	2.80 BSC		
Molded Package Width	E1	1.60 BSC		
Overall Length	D	2.90 BSC		
Foot Length	L	0.30	0.45	0.60
Footprint	L1	0.60 REF		
Foot Angle	ϕ	0°	4°	8°
Lead Thickness	c	0.08	-	0.20
Lead Width	b	0.30	-	0.50
Mold Draft Angle Top	α	4°	10°	12°
Mold Draft Angle Bottom	β	4°	10°	12°

FIGURA 20 – Características para a construção do *Footprint* do Conversor DC-DC.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

Um *layout* pobre pode afetar o desempenho desse componente causando interferência eletromagnética (EMI), problemas com compatibilidade eletromagnética (EMC) e, ainda, pode afetar a regulação e a estabilidade. Por isso, a folha de dados do componente sugere seguir algumas regras:

- Colocar o indutor, o capacitor de entrada e o capacitor de saída próximo ao CI, usando trilhas curtas.
- Rotear a tensão de saída longe do indutor e do pino de chaveamento, minimizando ruído e interferência magnética.
- Aumentar ao máximo o plano de terra lateralmente ao componente para ajudar a dissipação térmica. Além disso, utilizar várias vias para conectar o terra nesse plano para reduzir a interferência de ruídos em nós sensíveis do circuito.

3.5.2.2. Memória EEPROM

Para a construção desse componente na biblioteca, foram utilizadas as características contidas na Figura 21.

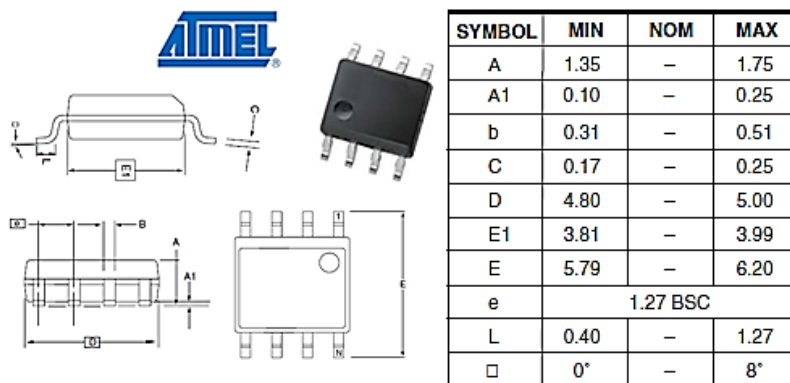


FIGURA 21 – Características para a construção do *footprint* da Memória EEPROM.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

Para esse componente, o cuidado que foi tomado, além dos pinos de alimentação, foram os pinos da comunicação I²C. A memória EEPROM tem função única de armazenar o *firmware* do protótipo, não executando nenhuma outra tarefa que possibilite ruídos e/ou interferências.

3.5.2.3. Módulo Sintonizador

Para a construção desse componente na biblioteca, foram utilizadas as características contidas na Figura 22.

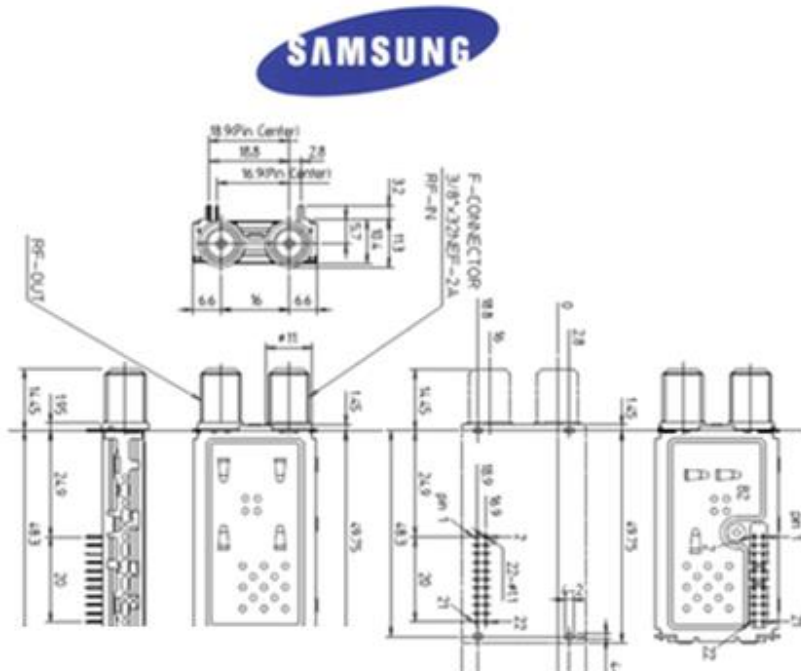


FIGURA 22 – Características para a construção do *footprint* do Sintonizador.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

Por se tratar de um sistema embarcado modular, ele já possui todos os cuidados referentes às interferências e ruídos. Com o intuito de evitar os ruídos e interferências, esse componente é blindado e todo revestido por uma carcaça de alumínio, evitando EMI e EMC. Por isso, esse componente não possui regras com relação a *layout*.

3.5.2.4. Processador

Para a construção desse componente na biblioteca, foram utilizadas as características contidas na Figura 23.

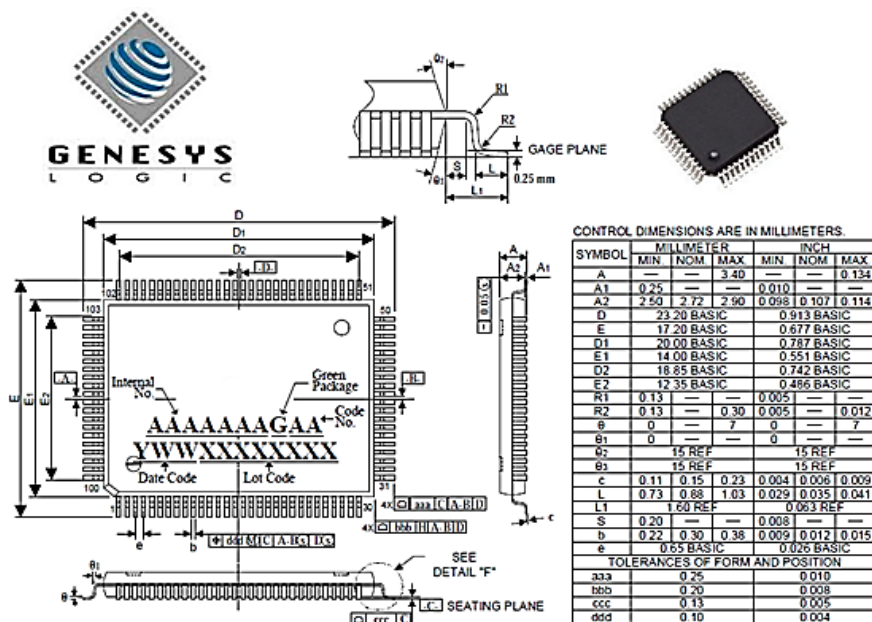


FIGURA 23– Características para a construção do footprint do Processador.

Fonte: Adaptado da folha de dados do componente.

O processador trabalha com um oscilador, comunicações I²C, recepção de dados do sintonizador e transmissão/recepção de dados via USB. Por isso, as trilhas para todos esses itens devem ser as mais curtas possíveis e em alguns casos necessitam ter a impedância controlada. Além disso, utilizaram-se os capacitores de desacoplamento próximos aos pinos de alimentação ao quais eles são conectados.

Concluídas todas essas etapas, passa-se ao roteamento da placa. Esse processo requer, além de paciência, critérios, organização e experiência. Por isso, essa etapa do projeto foi desenvolvida por um profissional dedicado a essa função.

3.5.3. Arquivos de Projeto

Ao final do roteamento da placa, têm-se os arquivos de projeto. Esses arquivos gerados pela ferramenta EDA englobam os seguintes itens:

- Diagrama esquemático em *portable document format* (PDF).
- Documentação dos componentes e suas características, também em PDF.
- *Build of materials* (BOM).
- Requisitos críticos, especificação física, posicionamentos dos componentes e indicações dos conectores de interface externa.
- Arquivos fonte contendo o diagrama esquemático e *layout* para futuras edições e correções.
- Arquivos gerber contendo os seguintes arquivos de referência: fotolito, plotagem, estêncil, *picked and place*, furação e *stackup*.
- Imagem ampliada da placa, com todas as referências de *design* para a montagem.

Vale destacar o arquivo denominado BOM, citado na lista anteriormente. Esse arquivo contém a lista completa de materiais com a descrição detalhada de cada componente como: comentário, encapsulamento, tolerância, fornecedor, fabricante e

a nomenclatura comum do MERCOSUL (NCM). O código NCM é a classificação fiscal do componente.

3.5.4. Fabricação e montagem da placa

Considerando ser um protótipo de caráter experimental e também um circuito pequeno que necessitaria poucas trilhas, a placa foi projetada com apenas duas camadas (*layers*), o *Top* e o *Bottom*. Essa escolha tem impacto direto no custo, barateando a fabricação, tendo em vista a ausência de camadas internas.

Uma característica importante é que, com exceção do sintonizador, todos os outros componentes são *surface-mount device* (SMD). A principal vantagem é que, devido às suas pequenas dimensões, possibilitam a confecção de um protótipo em tamanho reduzido e menos susceptível a ruídos, uma vez que eles são montados o mais próximos possível da placa. Alguns dos componentes montados na placa podem ser conferidos na Figura 24.



FIGURA 24 – Componentes utilizados na montagem.

Esse primeiro protótipo foi montado manualmente, com a utilização de ferramentas e acessórios apropriados, tais como estação de solda com temperatura regulada, fluxo para solda, malha de dessoldagem, pinça, estanho e alicates. O resultado da montagem está apresentado na Figura 25.



FIGURA 25 – Protótipo montado.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Considerando ser a última etapa do projeto, foram feitos alguns experimentos com o intuito de verificar o funcionamento e o desempenho do protótipo. Dessa forma, uma bateria de testes foi executada. Essa avaliação teve como foco:

- Inspeção visual a procura de defeitos de fabricação.
- Verificação das tensões (alimentação e derivações) e sinais (comunicação).
- Comprovação do funcionamento utilizando o *software*.
- Constatação do desempenho.

4.1. INSPEÇÃO VISUAL

A manufatura de uma placa de circuito impresso envolve várias etapas, sendo que, durante estas etapas, há a possibilidade de alguns defeitos ocorrerem. Os defeitos numa placa de circuito impresso montada podem ser divididos em três categorias básicas:

- **Componentes ou placas:** nesse caso, os defeitos são causados devido à má qualidade dos componentes ou das placas e são ocasionados pelo armazenamento, transporte ou manuseio incorreto. Dentre os principais problemas encontrados podemos citar componente ou placa contaminados, dimensões erradas e PCI empenada.
- **Inserção:** são defeitos gerados durante a inserção dos componentes na placa. No caso de operações manuais, normalmente são causados devido a uma distração do operador. A falta de componentes, componentes invertidos ou incorretos e componentes desalinhados são os defeitos mais encontrados.
- **Terminações:** esses defeitos são gerados durante o processo de soldagem. As causas desses defeitos

podem estar relacionadas com a quantidade de solda aplicada e espaçamento dos componentes na placa. Caracterizam-se como esse tipo de defeito os curtos-circuitos entre terminais de componentes, excesso, ausência ou insuficiência de solda e, ainda, solda fria.

Qualquer um desses defeitos irá resultar em alguma limitação no desempenho do produto, quando não impedirá diretamente a funcionalidade. Por esse motivo foi elaborado um *checklist* básico visando conferir todos os pontos críticos citados. Esse *checklist* inclui as seguintes etapas:

- a) Avaliação da placa de circuito impresso a procura de possíveis defeitos.
- b) Verificação e conferência dos componentes que serão utilizados na montagem.
- c) Verificação da inserção dos componentes (componentes invertidos, montados ou não montados, identificação e conferência de valores).
- d) Avaliar a qualidade da soldagem.
- e) Verificar se há curtos ou componentes mal soldados.

Dessa forma, durante a inspeção visual encontraram-se componentes quebrados, como pode ser visto na Figura 26. Tratam-se de dois indutores dos três utilizados no circuito. Foi apurada a causa desse defeito e constatado que no transporte esses componentes foram danificados tendo em vista vestígios encontrados na caixa utilizada para esse fim. Com exceção desse inconveniente, os outros pontos do *checklist* foram conferidos e aprovados, ou seja, as superfícies expostas e acessíveis estavam todas dentro da normalidade.

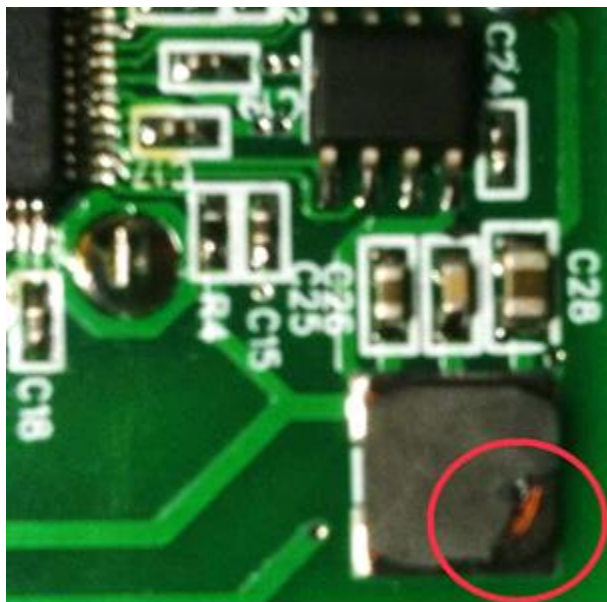


FIGURA 26 – Defeito no componente.

4.2. VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E SINAIS

A medição das tensões em qualquer sistema elétrico é extremamente importante, pois possibilita além da avaliação do desempenho de um dado sistema, localizar pontos defeituosos e descobrir efeitos previstos numa análise teórica.

Utilizando um multímetro, foram testadas todas as tensões de alimentação da placa no intuito de validar a solução implementada. Devido ao fato de o protótipo ser alimentado através da porta USB do computador, essa etapa foi considerada crítica, pois poderia haver queda de tensões em virtude da corrente drenada dessa porta, danificando a mesma. Porém, constatou-se que o circuito funcionou como esperado, sem precisar de nenhum reparo.

Além do multímetro, utilizou-se um osciloscópio para visualizar a qualidade do sinal. Mesmo sabendo que as

alimentações provenientes da porta USB são confiáveis, esse procedimento se fez necessário devido às derivações de tensões (3,3 V; 1,8 V e 1,2 V) que o circuito possui. Todas as tensões estavam corretas e de boa qualidade. Além disso, verificou-se que o sinal do oscilador estava de acordo com o previsto.

4.3. COMUNICANDO COM O SOFTWARE

Após as etapas anteriores, o protótipo estava apto a ser testado juntamente com o *software*. O *software* utilizado para o teste e também para a aquisição dos dados é o TS Reader. Trata-se de um aplicativo com uma interface gráfica especializada em análise, decodificação e gravação de *transport stream*, como pode ser visto na Figura 27.

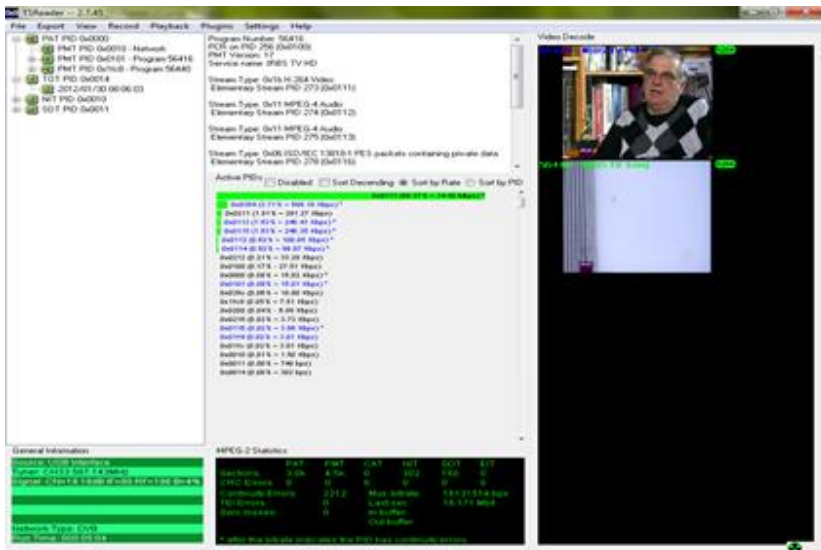


FIGURA 27 – TS Reader v2.7.45.

O TS Reader é responsável por toda a configuração do protótipo no que se refere à sintonização da frequência. Além disso, ele monitora o sinal recebido indicando as suas

características. A Figura 28 retrata algumas das informações disponíveis pelo *software*.

The screenshot displays the TS Reader software interface, divided into several sections:

- Frequency Map:** Includes radio buttons for Japan, Brazil (selected), and Manual. A text box shows the frequency as 000.000. A 'Scan' button is present.
- Channels:** A text box for channel selection and a checkbox for 'Cable'.
- Tuning Mode:** A dropdown menu set to 'Full Segment'.
- Buttons:** 'Tune', 'Cancel', and 'Save...'.
- Checkboxes:** 'Filter Null PID' (checked), 'DAT Insert in 1-seg Mode' (unchecked), 'IP Packet Insertion' (unchecked), and 'Display ISDB-T Monitor Window' (checked).
- Channel List Table:**

CH	Frequency	Mode	Guard	Partial	Layers	C/N
ch 30	569.143 MHz	Mode 3	1/16	Yes	AB	19.436
ch 31	575.143 MHz	Mode 3	1/16	Yes	AB	18.650
ch 32	581.143 MHz	Mode 3	1/16	No	A	18.947
ch 33	587.143 MHz	Mode 3	1/16	Yes	AB	18.916
- Lock Section:** Checkboxes for 'Layer A' (checked), 'Layer B' (checked), and 'Layer C' (unchecked). An 'Export XML' button is also present.
- Signal Quality Table:**

Mode	Guard Interval	C/N
3	1/16	21.614508 dB
- TMCC Identifier Table:**

TMCC Identifier	Digital TV	Count Down Sbx	Emergency Flag
	Digital TV	Count Down Sbx: 15	Partial Reception: Yes
- Modulation and Coding Parameters Table:**

	Layer A	Layer B	Layer C
Modulation	QPSK	6-QAM	Invalid
Coding Rate	2/3	3/4	Invalid
Time Interleave	I=4	I=2	Invalid
Segment	1	12	Invalid
BER Pre	0.000000	0.000000	0.000000
BER Post	0.000000	0.000000	0.000000
Viterbi Error	32730	46021	0
- Program Tree:** A hierarchical tree view showing 'PAT PID 0x0000', 'PMT PID 0x0010 - Network', 'PMT PID 0x0011 - Program 56416', 'SDT: rRBS TV HD', and several 'ES PID' entries with their respective descriptors.
- Program Details:**

Program Number: 56416
 PCR on PID: 256 (0x0100)
 PMT Version: 17
 Service name: rRBS TV HD

Stream Type: 0x1b H.264 Video
 Elementary Stream PID: 273 (0x0111)

Stream Type: 0x11 MPEG-4 Audio
 Elementary Stream PID: 274 (0x0112)

Stream Type: 0x11 MPEG-4 Audio
 Elementary Stream PID: 275 (0x0113)

Stream Type: 0x06 ISO/IEC 13818-1 PES packets containing private data
 Elementary Stream PID: 278 (0x0116)
- Video Preview:** A small window showing a video frame of a man in a checkered sweater.

FIGURA 28 – Informações disponíveis pelo *software* TS Reader.

Juntamente com as configurações, sintonia da frequência e características do sinal, é possível verificar a qualidade da

transport stream. Na Figura 28, os campos *CRC Erros*, *Continuity Erros*, *TEI Erros* e *Synclosses* possibilitam essa avaliação:

- ***Cyclic Redundancy Checks (CRCs) Errors***: é um código comumente utilizado em redes digitais e dispositivos de armazenamento para detectar alterações acidentais nos dados brutos.
- ***Continuity Errors***: esse parâmetro indica a quantidade de pacotes perdidos devido a um sinal de fraca recepção
- ***Transport Error Indicator (TEI) Errors***: também conhecido como *Forward Error Correction (FEC)*, sua função é indicar se o algoritmo Reed-Solomon não foi capaz de corrigir os inúmeros erros contidos nos pacotes transmitidos.
- ***Synclosses***: é uma indicação de sincronia. Quando não é possível reconhecer os bytes do cabeçalho, esse campo indica que a sincronia com o pacote foi perdida.

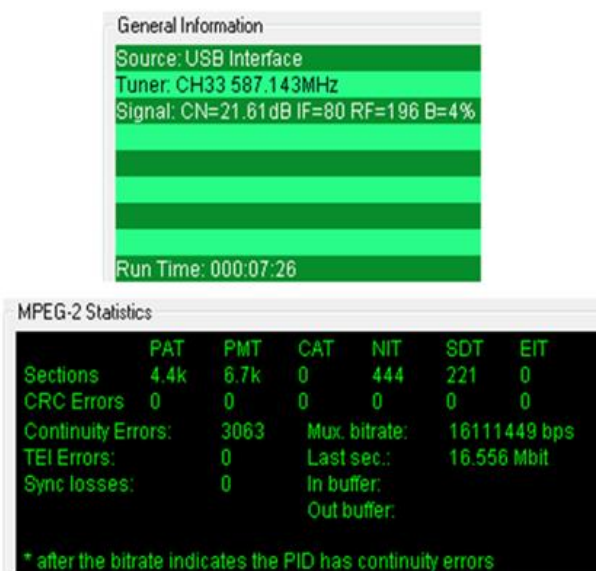


FIGURA 29– Análise da qualidade.

Em posse desses dados, respeitou-se a qualidade do sinal e executou-se a gravação do fluxo de dados. Verificou-se que o arquivo contendo a gravação foi criado e armazenado no local especificado do disco rígido do computador.

4.4. DESEMPENHO

Os dados armazenados no computador foram testados de duas formas: reprodução e análise dos dados. A reprodução foi executada para verificar se o vídeo estava de acordo com o que foi gravado e se este se encontra sem artefatos que indiquem erros. Como resultado, apresenta-se na Figura 30 a captura de uma imagem de um arquivo gravado.



FIGURA 30 – Captura de tela do sinal gravado.

Após a reprodução, foi executada a análise de dados utilizando um programa desenvolvido por um funcionário da Fundação CERTI denominado SBTVD Parser. Da criação e distribuição de conteúdo (incluindo aplicativos interativos) ao desenvolvimento e manutenção de receptores de TVD (*Set-top Boxes*) cedo ou tarde é necessário detalhes sobre a transmissão que está sob observação, por isso essa ferramenta analisa o *transport streams* nos padrões do SBTVD. Ele basicamente exhibe em uma interface gráfica estas informações:

- Estruturas *transport stream* selecionadas em formato de árvore, detalhando cada campo e descritor hierarquicamente.
- Detalhes das legendas (*closed caption*) e seus eventos.
- Guia de Programação (*Electronic Program Guide – EPG*) em uma lista simples e a estrutura das tabelas de informações de eventos (*Event Information Table– EIT*) que o carregam.
- Montagem e decodificação do carrossel para debug e extração para o sistema de arquivos.
- Filtros de informação e análise de *streams* em lote.
- Controle via linha de comando.

A Figura 31 apresenta uma análise executada com o SBTVD Parser, mostrando o Guia de Programação de uma *stream* gravada.

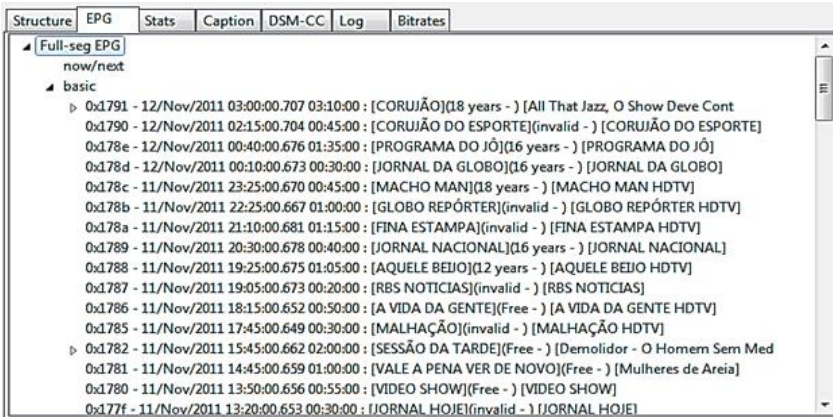


FIGURA 31 – Análise utilizando o SBTVD Parser.

Dessa forma, é possível verificar se a gravação que foi feita atende aos requisitos de teste. Muitas vezes, são necessários testes específicos e diante dessa ferramenta é possível escolher a *stream* gravada. Além disso, o *software* permite verificar se todos os dados da *stream* estão completos e podem ser reproduzidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No passado, o rádio era o principal meio de comunicação, por ser de livre acesso e o único meio de comunicação. Atualmente, a implantação da TV Digital pública e gratuita, representa um grande avanço para a radiodifusão terrestre e a melhor estratégia para a inclusão social. Com essa tecnologia, busca-se atingir praticamente toda a sociedade. Por isso, a qualidade de recepção, considerando o áudio e imagem de melhor qualidade, é fator decisivo na opção do consumidor pela tecnologia. Além disso, a interatividade se torna um atrativo ao telespectador, possibilitando que o mesmo navegue nas aplicações enviadas pelas emissoras. Porém, para se tornar um sistema cada vez mais robusto e eficaz, testes nessa área são extremamente necessários.

O custo elevado, bem como a dificuldade de encontrar equipamentos comerciais de gravação do padrão brasileiro (SBTVD), ainda é uma barreira a ser transposta para possibilitar a disseminação da tecnologia de TV Digital.

Conforme proposto, foi realizado o desenvolvimento de um protótipo mais moderno e compatível com as tecnologias disponíveis atualmente. Esse protótipo utiliza apenas a porta USB para alimentação e transmissão de dados, diferente do outro protótipo desenvolvido em 2009 que necessitava de fonte externa, porta USB e porta paralela. Além disso, o novo modelo utiliza apenas um *software* para sintonia e gravação da *transport stream*, enquanto o equipamento antigo utilizava três *softwares* para essas tarefas.

Outro ponto interessante foi a escolha do sintonizador. Através de testes foi possível validar e definir qual sintonizador utilizar. Devido à evolução da tecnologia, o sintonizador escolhido era menor e com desempenho superior ao sintonizador utilizado no projeto desenvolvido em 2009. Essa escolha impactou bastante no tamanho do protótipo, reduzindo cerca de 50% as suas dimensões.

De uma forma geral, analisando cada etapa do projeto, tem-se:

- **Pesquisa Tecnológica:** por se tratar de um assunto que ainda se encontra em desenvolvimento, não é simples de se encontrar referências bibliográficas sobre TV Digital. Em contrapartida, a maior parte das referências encontradas era de extrema confiabilidade, tendo em vista que a grande maioria se tratava de Normas ABNT, livros e artigos escritos por especialistas e, ainda, sites oficiais da área.
- **Pesquisa de Mercado:** mais uma vez, encontraram-se muitas dificuldades nessa pesquisa, pois os fabricantes dos produtos que se encontram no mercado não revelam os preços dos equipamentos. Por esse motivo não foi possível comparar o custo do produto desenvolvido com produtos similares. Por outro lado, ao pesquisar as características de outros produtos de mercado e analisá-las, foi possível criar um conceito próprio para o protótipo.
- **Desenvolvimento do Protótipo:** com o andamento do projeto foi possível observar diferentes perspectivas e uma grande aquisição de conhecimento. Isso tudo aliado à organização proporcionou um aprendizado ímpar quando se refere ao desenvolvimento do *hardware* de um protótipo.

Considerando que o objetivo geral do trabalho era implementar um *hardware* portátil capaz de gravar fluxo de dados de transmissão do sinal de TV Digital, bem como toda pesquisa, descrição dos passos executados e dos testes executados, pode-se afirmar que este foi atingido.

6. REFERÊNCIAS

ALITRONIKA. **Site Oficial da Alitronika DVS**. Disponível em: <http://www.alitronika.com/>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2011 às 16h57min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15604: Televisão digital terrestre — Receptores**. Rio de Janeiro, 2007. 78p.

BECKER, Valdecir; MONTEZ, Carlos. **TV Digital Interativa: Conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil**. 1ª Ed. Florianópolis: I2TV, 2004. 214p.

BITTENCOURT, Fábio Antonio; BENNERT, Wagner Alves. **TV Digital: Uma Análise das Modulações e das Codificações de Áudio e Vídeo no Modelo Terrestre**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Tecnologia em Eletrônica, 2007. 123p.

BRASIL, Brasília. **Decreto nº 4.901 de 26 de novembro de 2003. Institui o Sistema Brasileiro de Televisão Digital - SBTVD, e dá outras providências**. Presidência da República, Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BRASIL, Brasília. **Decreto nº 5.820 de 29 de junho de 2006. Dispõe sobre a implantação do SBTVD-T, estabelece diretrizes para a transição do sistema de transmissão analógica para o sistema de transmissão digital do serviço de radiodifusão de sons e imagens e do serviço de retransmissão de televisão, e dá outras providências**. Presidência da República, Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.

DTV. **Site Oficial da TV Digital Brasileira**. Disponível em: <http://www.dtv.org.br/>. Acesso em: 05 de Novembro de 2011 às 11h47min.

DVB PROJECT. **Digital Vídeo Broadcasting (DVB)**. DVB Document. 2001.

FERNANDES, Jorge; LEMOS, Guido; SILVEIRA, Gledson. **Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas**. In: Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2004, Salvador, BA. Anais do JAI-SBC, 2004.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 de Novembro 2011 às 11h10min.

OLIVEIRA, Fábio José de. **Gravador de fluxo de dados de transmissão do sinal de TV Digital**. Orientador: Marco Valério Miorim Villaça, Dr. Eng. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos, 2009. 98p.

PROMAX. **Site Oficial da Empresa Promax Eletronics**. Disponível em: <http://www.promaxelectronics.com/ing/index.php>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2011 às 14h02min.

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação: TV Digital, um novo conceito**. Edição Especial, 2005.v6-10 p.121-139.

7. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BARBI, Ivo; Martins. D. C. **Conversores CC-CC Básicos Não-Isolados**. 2.ed. Florianópolis: Edição dos Autores, 2000.

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELYSKY, Lewis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 672 p.

MANOEL, Edson Tadeu Monteiro. **Codificação de vídeo H.264: Estudo de Codificação Mista de Macroblocos**. 2007, 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TOCCI, Ronald. WIDMER, Neal. **Sistemas Digitais Princípios e aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 2000. 588p.

ROBIN, Michel; POULIN, Michel. **Digital Television Fundamentals: Design and Installation of Video and Audio Systems**. 2nd ed. New York: McGraw Hill, 2000. 730p.