

UNIVERSIDADE FEDERAL TECNOLÓGICA DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
CURSO DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA - TELECOMUNICAÇÃO

OUTROS TRABALHOS EM:
www.projetoederedes.com.br

**BLOQUEADOR DE SINAIS DE TELEFONES MÓVEIS QUE OPERAM
NA FAIXA DE 851 MHz a 866 MHz**

**CURITIBA
2008**

RICHARD FREDERICH SCHOENBERGER
DILERMANDO MADUREIRA TAVARES
BATUEL MARTINS PEREIRA NETO

**BLOQUEADOR DE SINAIS DE TELEFONES MÓVEIS QUE OPERAM
NA FAIXA DE 851 MHz a 866 MHz**

Trabalho de Conclusão de Curso, requisito parcial para obtenção de grau de Tecnólogo, no Curso de Tecnologia em Eletrônica, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Odemar Joaquim de Camargo

CURITIBA

2008

RICHARD FREDERICH SCHOENBERGER
DILERMANDO MADUREIRA TAVARES
BATUEL MARTINS PEREIRA NETO

**BLOQUEADOR DE SINAIS DE TELEFONES MÓVEIS QUE OPERAM
NA FAIXA DE 851 MHz a 866 MHz**

Este Trabalho de Diplomação para Tecnologia foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 07 de julho de 2008.

Prof^a. Simone Acosta
Coordenadora de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica.

Prof^a. Dra. Denise Elizabeth Hey David
Coordenadora de Trabalho de Diplomação
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Francisco Muller Machado

Prof. Odemar Joaquim de Camargo

Prof. M. Eng. Kleber Nabas

EPÍGRAFE

“Sem publicação, a ciência é morta”.

GERARD PIEL

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Luiz Yoshio Enomoto pela sua disponibilidade, suporte técnico e contribuições com suas noções de eletrônica.

À BrasilSat Harald S/A por disponibilizar de equipamentos, materiais e local para realização dos procedimentos de desenvolvimento e teste de *hardware*.

Aos professores da UTFPR pelo conhecimento compartilhado durante o curso de Tecnologia em Eletrônica, em especial ao Odemar Joaquim de Camargo, pela orientação no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, e à Denise Elizabeth Hey David, pelo auxílio nos trâmites burocráticos no processo de análise do pré-projeto.

Acima de tudo, aos nossos familiares, cujo apoio foi de fundamental importância, e sem o qual, não teríamos chegado ao final deste trabalho e deste curso.

RESUMO

SCHOENBERGER, Richard Frederich; TAVARES, Dilermando Madureira; PEREIRA, Batuel Martins. **Bloqueador de Sinais de Telefones Móveis que operam na faixa de 851 MHz a 866 MHz.** 2008. 60 p. Monografia (Graduação) – Curso de Tecnologia em Eletrônica, UTFPR, Curitiba.

O foco deste trabalho está no projeto de um circuito eletrônico com a finalidade de se obter o bloqueio de sinais de rádio frequência em uma das atuais bandas autorizadas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), em uma determinada área. De acordo com a padronização e fiscalização desempenhadas pela ANATEL, o espectro para telefonia celular é separado em 8 Bandas. Pretende-se com este trabalho provar a possibilidade do desenvolvimento de um equipamento capaz de bloquear os aparelhos celulares que operam em todas as Bandas autorizadas, de forma seletiva, através da utilização de filtros que permitam que o sinal bloqueado seja apenas o desejado, não interferindo nas faixas de frequência próximas. O desenvolvimento deste tipo de equipamento faz-se necessário a partir dos crescentes transtornos causados com a utilização não recomendada dos aparelhos celulares (como em presídios).

Palavras-chaves:

Telecomunicações

Telefonia celular

Rádio frequência

ABSTRACT

SCHOENBERGER, Richard Frederich; TAVARES, Dilermando Madureira; PEREIRA, Batuel Martins. **Bloqueador de Sinais de Telefones Móveis que operam na faixa de 851 MHz a 866 MHz.** 2008. 60 p. Monografia (Graduação) – Curso de Tecnologia em Eletrônica, UTFPR, Curitiba.

The focus of this work is in the design of an electronic circuit with the aim of obtaining the blocking of radio signals at a frequency of current bands authorized by Anatel (National Agency of Telecommunications) in a given area. According to the standardization and supervision performed by Anatel, the spectrum for cellular telephony is separated into 8 bands. It is with this work proves the possibility of developing an equipment capable of blocking the cell phones that operate on all bands authorized, so selectively, through the use of filters that allow the signal is blocked only the desired, not interfering the frequency ranges close. The development of such equipment makes it necessary from the dislocation caused by the increasing use of cell phones not recommended (as in prisons).

Keywords:

Telecommunications

Mobile telephony

Radio frequency

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Irradiação da onda eletromagnética – Fonte: Sistemas Radiovisibilidade.....	19
Figura 2 - Componentes básicos de um sistema celular.....	21
Figura 3: Faixas regulamentadas para o sistema <i>Trunking</i> – Fonte ANATEL.....	27
Figura 4: ruído iniciando em 1 MHz e estendendo-se pelo espectro.....	29
Figura 5: Ruído filtrado com frequência central em 70 MHz.....	30
Figura 6: sinal na saída do misturador.....	31
Figura 7: arquitetura de funcionamento do misturador.....	31
Figura 8: ruído transladado.....	33
Figura 9: fuga do sintetizador de sinal (PLL).....	34
Figura 10: diagrama em blocos do Bloqueador.....	35
Figura 11: Conversor heterodino completo e conversor alterado.....	35
Figura 12: curva de resposta do filtro cerâmico FL2.....	36
Figura 13: diagrama em blocos do conversor heterodino.....	37
Figura 14: diagrama em blocos do funcionamento do pré-amplificador.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequências regulamentadas no Brasil	25
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	-	Agência Nacional de Telecomunicações
BSC	-	<i>Base Station Controller</i>
BTS	-	<i>Base Transceiver Station</i>
DCS	-	<i>Digital Cordless System</i>
ERB	-	Estação Rádio Base
GSM	-	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HLR	-	<i>Home Location Register</i>
ISDN	-	<i>Integrated Service Digital Network</i>
MS	-	<i>Station Mobile</i>
MSC	-	<i>Mobile Switching Center</i>
PDFF	-	Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de
Frequências no Brasil		
PLMN	-	<i>Public Land Mobile Network</i>
PSTN	-	<i>Public Switched Telephone Network</i>
RF	-	Rádio Frequência
VLR	-	<i>Visitor Location Register</i>
PLL	-	<i>Phase Locked Loop</i>
SAW	-	<i>Surface Acoustic Wave</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Fr	-	Frequência resultante da soma dos sinais
Fo	-	Frequência do oscilador
Fi	-	Frequência de entrada.
CN	-	Conector
FL	-	Filtro
MX	-	Misturador
CI	-	Circuito Integrado – Amplificador Operacional

SUMÁRIO

RESUMO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
LISTA DE SIMBOLOS	xi
1. INTRODUÇÃO	14
2. PROBLEMA	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. OBJETIVOS	17
4.1. Objetivo geral	17
4.2. Objetivos específicos	17
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
5.1. Onda eletromagnética	18
5.1.1. Rádio Propagação	18
5.2. Antenas	18
5.3. Componentes básicos da comunicação	19
5.4. Sistema Celular	20
5.4.1. Componentes básicos de um sistema celular	20
5.4.2. Funcionamento	22
5.4.3. Conexão Externa ao Sistema	22
5.4.4. Controles do Sistema	22
5.4.5. Transmissores e Receptores	23
5.5. Panorama geral da telefonia celular	23
5.6. Regulamentação segundo a ANATEL	24
5.7. Banda SME	25
5.8. Sistemas de bloqueio	25
6. DESENVOLVIMENTO	28
6.1. Análise do diagrama em blocos	28
6.2. Descrição detalhada módulos	34
6.2.1. Gerador de ruído branco	35

6.2.2. Conversor heterodino	36
6.2.3. Pré-amplificador de potência.....	38
6.2.4. Amplificador de Potência	39
6.2.5. Fonte de alimentação	39
7. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXO A – ANEXO À RESOLUÇÃO N°. 308, DE 11 DE SETEMBRO DE 2002.....	43
ANEXO B – ANEXO À RESOLUÇÃO N°. 455, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2006	45
ANEXO C – ANEXO À RESOLUÇÃO N°. 303, DE 2 DE JULHO DE 2002	47
ANEXO D – ANEXO À RESOLUÇÃO N°. 306, DE AGOSTO DE 2002.....	49
ANEXO E – ANEXO À RESOLUÇÃO N°. 454, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2006	51
ANEXO F – 70 MHz <i>Bandpass SAW Filter – Datasheet</i>	53
ANEXO G – <i>Surface Mount Frequency Mixer ADE-12MH – Datasheet</i>.....	55
ANEXO H – PLL400-782 – <i>Datasheet</i>	57
ANEXO I – <i>High Performance Amplifier SGA-6289 – Datasheet</i>	59

1. INTRODUÇÃO

Desde seu advento, a telefonia celular faz parte do cotidiano da sociedade, atingindo todas as camadas sociais. Como uma imediata consequência, o número de aparelhos celulares superou a quantidade de telefones fixos¹, devido às facilidades associadas à mobilidade, portabilidade, e crescentes evoluções tecnológicas dos aparelhos, que apresentam cada vez mais recursos com menor volume por aparelho. Entretanto o crescimento da telefonia móvel trouxe, além de benefícios à sociedade, alguns problemas. Pois não foi previsto o comportamento de certos usuários que utilizam seus aparelhos em ambientes impróprios, não importando a localização, situação e restrições legais. Entre esses problemas, observa-se que as facilidades da telefonia móvel também podem ser utilizadas por indivíduos que deveriam ter seu contato com a sociedade restrito, como por exemplo, cidadãos condenados a penas em regimes de prisão fechada.

Uma vez que não se pode influir diretamente no comportamento dos usuários, se faz necessário que algum tipo de controle externo seja implantado a fim de solucionar esse tipo de problema. Com esse intento surge a idéia de se bloquear a comunicação entre aparelhos celulares de forma controlada, inibindo a mesma apenas em ambientes que devem possuir tal restrição. Tal efeito pode ser obtido através de circuitos eletrônicos projetados para gerar interferência na faixa de frequência em que operam os aparelhos. Como será descrito neste trabalho.

¹ ANATEL. Sala de Imprensa. Telefonia móvel mantém crescimento e se aproxima dos 115 milhões de acessos. Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>>. Acesso em: 04 abr. 2008.

2. PROBLEMA

O uso de telefones celulares pode ser nocivo quando praticado em certos ambientes e momentos. Como por exemplo: em cinemas e teatros, pois prejudica as pessoas que estão assistindo ao espetáculo; em reuniões sigilosas, em que as informações não podem ser transmitidas para fora do recinto antes do término da mesma; em penitenciárias de regime fechado, em que os detentos não devem ter comunicação irrestrita ao mundo exterior.

Dos problemas expostos acima, um dos que mais causa preocupação à sociedade é a possibilidade de comunicação entre indivíduos de alta periculosidade encarcerados em prisões e seus comparsas que ainda se encontram livres e circulando pela sociedade. Esse problema tem sido noticiado, continuamente, pela mídia, e até o presente momento não foi apresentada uma solução para o mesmo.

3. JUSTIFICATIVA

A comunicação entre presidiários e pessoas de fora dos presídios que a comunicação celular pode propiciar, pode acabar facilitando práticas como o controle do tráfico de drogas, a elaboração de rebeliões nos presídios, além da aplicação de outros golpes e práticas da corrupção, por parte dos detentos. A mídia tem noticiado continuamente esses problemas, expondo que o atual sistema carcerário aplicado no Brasil, não oferece resistência satisfatória à constante entrada de aparelhos de telefonia celular no interior dos presídios². Não há sistemas eficientes no mercado nacional que possam impedir o funcionamento destes aparelhos em uma área limitada. E apesar de não terem sido encontradas estatísticas oficiais sobre esse problema, ele é reconhecido pelo governo e levou a ANATEL a elaborar, em março de 2002, a Consulta Pública nº. 369, que trata da Proposta de Norma de Uso de Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações. Conforme consta no documento, “a proposta de norma tem como principal objetivo disciplinar as condições de utilização de bloqueadores de sinais para serviços de radiocomunicações em estabelecimentos penitenciários, considerado o interesse público”. Já em maio de 2002 foi elaborada a Consulta Pública nº. 381, para homologação dos bloqueadores de sinais de radiocomunicações. E por fim, em agosto de 2002 foi aprovada a Resolução nº. 306, com o fim de homologar os aparelhos.

Mesmo com a existência da regulamentação ainda não existe notícia de um projeto produzido no Brasil, o que torna as pesquisas realizadas nessa área de grande interesse público.

² MENDES, M. O celular globalizou a vida do presídio [2001]. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/280201/p_026.html>. Acesso em: 02 dez. 2007.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é a implementação de um sistema eletrônico capaz de gerar e irradiar, através de uma antena, um sinal com faixa de frequência e intensidade de potência capaz de interferir com a recepção normal da telefonia celular em um raio (ou alcance) de aproximadamente 5 metros, a partir da antena e em local fechado. Este sinal de interferência deve apresentar um nível de potência compatível e ou superior aos limites pré-determinados do sinal recebido da Estação Rádio-Base (ERB) mais próxima. Este sistema experimental terá como referências o bloqueio de uma rede SME (Serviço Móvel Especializado), que utiliza a faixa de frequências de 815 MHz a 866 MHz. Em que a principal operadora corresponde a NEXTEL.

4.2. Objetivos específicos

Gerar um ruído “branco” (sinal que contém largo espectro de frequências com nível constante). Para isso um transistor será polarizado inversamente e seu sinal de saída será amplificado. Este sinal de saída resultante da amplificação será novamente amplificado. Este passo será repetido até que o ruído gerado tenha uma potência suficiente para operação das próximas etapas.

Filtrar o ruído para que este apresente uma largura de 15MHz (tamanho total da banda SME regulamentada pela ANATEL).

Transladar esta banda de 15MHz para frequência de 858,5MHz (Frequência Central da banda SME).

Amplificar este sinal transladado até que a potência transmitida pelo gerador de ruído seja maior que os sinais recebidos das ERB's na região irradiada. Para dimensionar a potência serão realizados testes de campo a fim de medir os sinais provenientes das ERB's no local onde será instalado o bloqueador.

A potência de transmissão deve ser ajustada para cada local de instalação.

5. REVISÃO DA BIBLIOGRÁFICA

5.1. Onda eletromagnética

Segundo Silva, as ondas de rádio que se propagam entre as antenas transmissora e receptora são denominadas ondas eletromagnéticas. A antena transmissora transforma as variações de tensão e corrente em ondas eletromagnéticas, capazes de se propagarem no espaço³.

5.1.1. Rádio Propagação

Diretamente ligado às noções de campo elétrico e campo magnético, temos o conceito de onda eletromagnética, em que surge um deslocamento de uma carga negativa em direção à uma carga positiva, com uma certa velocidade, devido à interação entre estas cargas. Esta interação surge com a alteração nas condições do espaço entre estas cargas. Este movimento de cargas elétricas e magnéticas gera um campo eletromagnético, cuja grandeza e sentido, variam de acordo com o gerador. Um campo elétrico variável se deslocando não pode existir sem a presença de um campo magnético variável a ele associado, da mesma forma que as variações de tensão e corrente não podem existir separadamente. Como os campos elétrico e magnético se propagam juntos, tratamos o fenômeno conjunto como ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas são representadas normalmente por senóides, uma para cada campo, possuindo os parâmetros de amplitude, frequência, fase e comprimento de onda. A velocidade de propagação das mesmas é independente da fonte geradora, estando relacionada ao comprimento da onda e à frequência.

5.2. Antenas

Segundo Silva, quando se liga um gerador de rádio-frequência a uma antena, é irradiada uma onda eletromagnética de mesma frequência do gerador, com seus campos elétrico e magnético, criados a partir de um fluxo de corrente e conseqüente variação de potencial na antena quando se liga o gerador. A figura 1 demonstra esta irradiação. A presença desta onda pode ser “sentida” por uma segunda antena a certa distância da antena transmissora.

3 SILVA, Gilberto Vianna Ferreira. Sistemas Radiovisibilidade Vol. 1, 3^a. ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983.

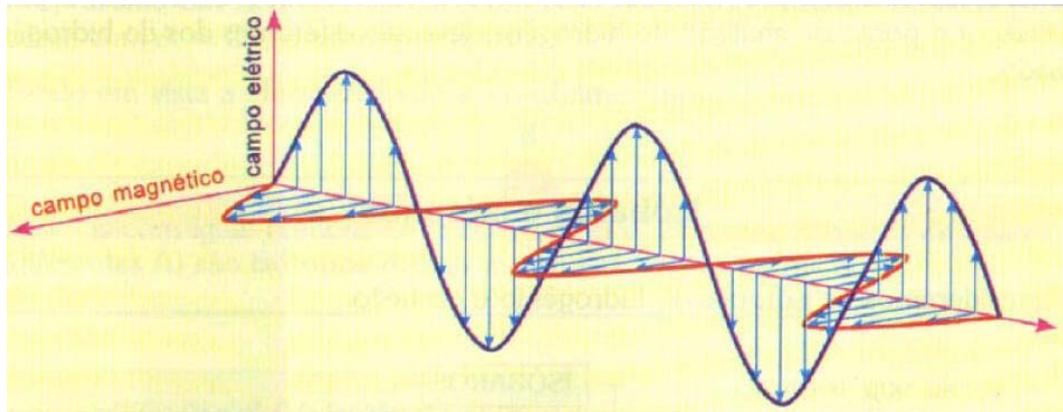


Figura 1: Irradiação da onda eletromagnética – Fonte: Sistemas Radiovisibilidade

A onda irradiada pela antena se propaga através do espaço, transportando a energia necessária ao estabelecimento da ligação rádio. Esta propagação das ondas eletromagnéticas entre as antenas transmissora e receptora tem suas características definidas fundamentalmente pelas propriedades do meio de transmissão entre essas antenas, que variam com a frequência da onda irradiada.

Pode ser realizada com rigor a análise do fenômeno da irradiação, através do uso das equações de MAXWELL, que relacionam campos e correntes variáveis no tempo. No entanto, esta análise não entra no escopo deste trabalho.

Os sistemas de comunicação por microondas, que são utilizados em várias aplicações, dentre os quais, inclui-se a telefonia celular, por operarem com potência de transmissão na faixa de 100 mW e alguns Watts, empregam antenas muito diretivas. Isto se torna necessário para concentrar a potência transmitida num feixe muito estreito, na direção da antena receptora, e também para minimizar a irradiação pelos lóbulos secundários, a qual pode produzir interferência em outros lances operando na mesma faixa de frequência.

5.3. Componentes básicos da comunicação

Os componentes da comunicação são: o emissor, o receptor, a mensagem, o canal de propagação, o meio de comunicação, a resposta (*feedback*) e o ambiente onde o processo comunicativo se realiza. Com relação ao ambiente, um processo de comunicação sofre interferência do ruído e a interpretação e compreensão da mensagem está subordinada ao nível de conhecimento do receptor.

Pode-se descrever os elementos da comunicação da seguinte forma:

- Fonte - produz a informação utilizando elementos simples e símbolos. Elemento é o componente mais simples na composição da informação, assume uma posição dentro do símbolo (exemplo: dígitos 1 e 0).
- Destinatário - a quem a informação é dirigida.
- Canal - é o meio que permite o transporte dos símbolos e a informação associada, da fonte ao destinatário.
- Emissor - entrega um sinal com a energia adequada ao meio,
- Meio - é onde ocorre a propagação da energia entregue pelo emissor, permitindo que o sinal chegue ao receptor.
- Receptor - retira a energia do meio, reproduzindo a mensagem a ser entregue ao destinatário.
- Ruído - são sinais espúrios de natureza aleatória, que aparecem no canal e se somam ao sinal. É representado pelo bloco de uma fonte externa geradora de ruído, simbolizando todos os ruídos presentes no sistema.
- Codificador - altera a natureza dos elementos, tornando-os em condições adequadas para acionar o canal de transmissão, como um acoplador de informação entre a fonte e o canal.
- Decodificador - faz um papel inverso ao do codificador, atuando como acoplador de informação entre o canal e o destinatário.

Assim como o codificador produz símbolos convenientes à operação do canal, o alfabeto do decodificador produz símbolos adequados ao uso pelo destinatário.

5.4. Sistema Celular

Segundo Cunha⁴, todos os sistemas celulares possuem uma arquitetura básica, com alguns elementos indispensáveis. Esses elementos podem ser visualizados na figura 2. Segue uma breve descrição dos mesmos.

5.4.1. Componentes básicos de um sistema celular

- Centro de Comutação e Controle ou Central de Controle Celular (CCC);

⁴ CUNHA, A. F. da. Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital. São Paulo: Érica, 2006. Pág. 19

- Estação Rádio Base (ERB);
- Estação Móvel.

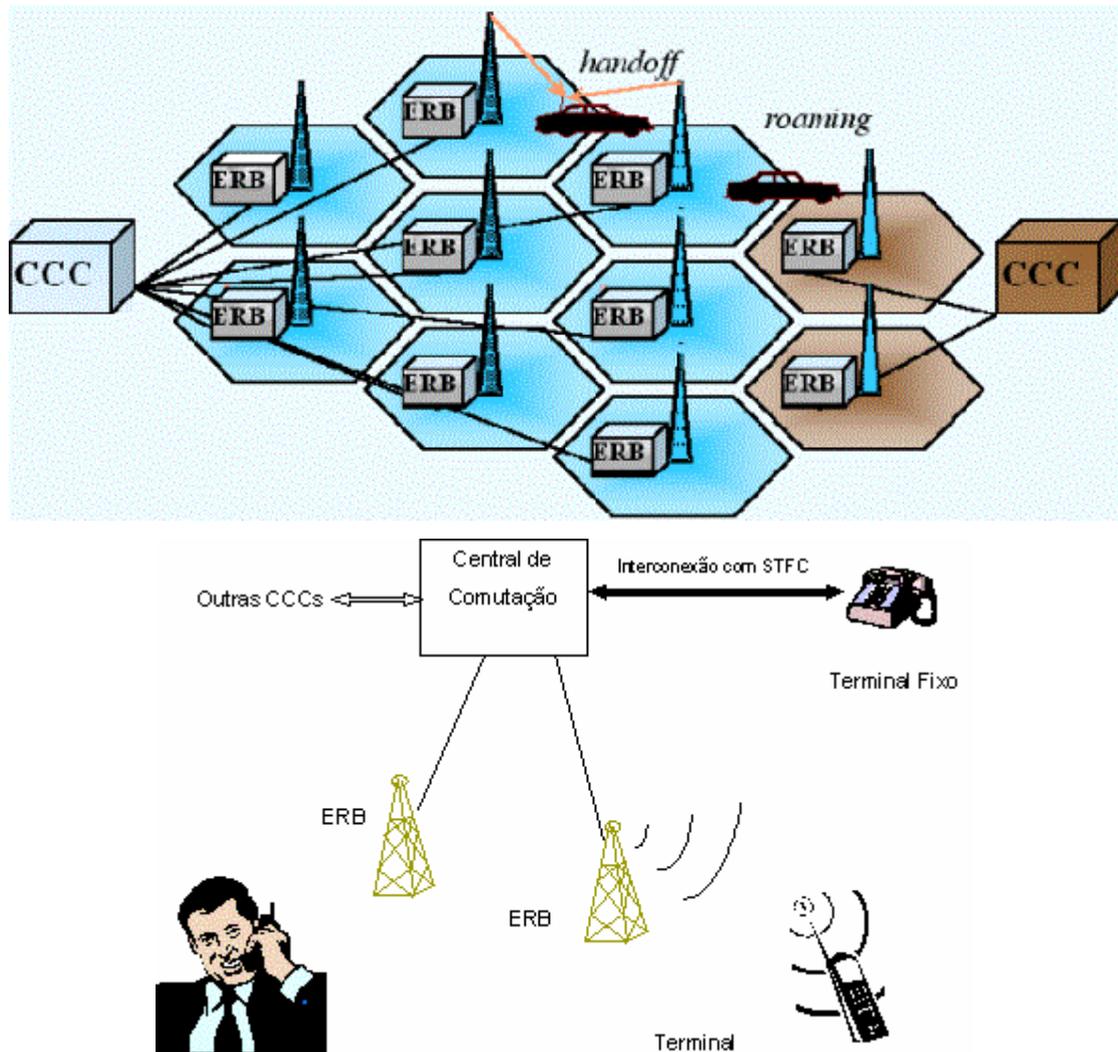


Figura 2 - Componentes básicos de um sistema celular

Segundo Felice⁵, o Sistema de Telefonia Móvel Celular é composto por várias células distribuídas ao longo de uma determinada área. Cada célula tem uma antena ligada a uma estação que controla esta área. Esta estação recebe o nome de ERB - Estação Rádio Base. Existe também uma central que controla todas as ERB's de uma área. Esta central é chamada de CCC – Central de Controle Celular. É ela que interliga o sistema celular à central pública. A interligação entre assinante fixo e assinante móvel se processa da seguinte forma: a chamada do assinante fixo passará pela central pública e através de troncos chegará até a CCC que se encarregará de localizar em que ERB estará o móvel. A respectiva ERB enviará então

⁵ Felice, Fernando. Conceitos de Telefonia Móvel Celular. Curitiba: Divisão de Recursos Gráficos do CEFET-PR, 2005 Pág. 30

um sinal, via antena, para o assinante móvel avisando que existe uma chamada para este. A partir daí estará feita a conexão entre os dois tipos de usuários. Caso o assinante móvel queira efetuar tal operação, o percurso será o oposto do descrito acima: a unidade móvel acessará a ERB da sua área via antena, solicitando uma conexão. A ERB enviará uma solicitação até a CCC que, por sua vez, encaminhará a ligação para a central que concluirá até o assinante fixo.

Segundo Marquetti⁶, as células são divididas como áreas individuais, onde cada uma delas possui um grupo de canais designados de acordo com o espectro disponível. Cada célula tem a sua estação base (ERB), permitindo assim o uso de transmissores de baixa potência.

Em teoria, as células são representadas por estruturas hexagonais, sendo o hexágono a figura geométrica regular que mais se aproxima de um círculo. Isto porque suas formas possibilitam ser colocadas lado a lado, sem os problemas do modelo de irradiação circular, como áreas de superposição e de sombra.

5.4.2. Funcionamento

A idéia básica do conceito celular é o reuso da frequência, em que o mesmo subconjunto de canais pode ser utilizado em diferentes áreas geográficas suficientemente distantes umas das outras, de forma que a interferência cocanal (canal de mesmo número) esteja dentro de limites toleráveis.

5.4.3. Conexão Externa ao Sistema

- PLMN (*Public Land Mobile Network*): rede de telefonia móvel celular e outras operadoras;
- PSTN (*Public Switched Telephone Network*): Rede de telefonia fixa e outras operadoras;
- ISDN (*Integrated Service Digital Network*): rede de serviços digitais (transferência de imagem, vídeo, etc);
- Internet: acesso a rede Internet.

⁶ MARQUETTI, Clécio. World Telecom – 2000. Disponível em: <http://br.geocities.com/kekohp/conceitos.htm>. Acesso em: 27 jun. 2008.

5.4.4. Controles do Sistema

- MSC (*Mobile Switching Center*): equipamento que faz a seleção dos caminhos para realizar chamadas em um sistema celular. É na MSC que estão os juntores, equipamentos que conectam a rede celular as demais redes de telefonia existentes.
- HLR (*Home Location Register*): Banco de dados onde estão armazenados os usuários locais. Esse banco de dados é consultado pela MSC para identificar o se o assinante é local e qual tarifação deve ser utilizada.
- VLR (*Visitor Location Register*): sempre que a MSC não encontra o assinante no HLR ela registra sua presença no VLR, aplicará tarifas diferenciadas e indicará para o móvel que ele está em *roaming*.
- BSC (*Base Station Controller*): Controla um determinado número de ERB's do sistema.

5.4.5. Transmissores e Receptores

- BTS (*Base Transceiver Station*): onde estão colocados as antenas e os transmissores do sistema. É responsável pela comunicação entre com os aparelhos móveis dentro da célula. Também pode ser chamada de ERB (Estação Rádio Base).
- MS (*Station Mobile*): estação móvel, terminal ou telefone celular. É o equipamento final do usuário do sistema, responsável por receber o sinal da ERB, convertê-lo em áudio e pegar a voz do usuário, convertê-la em sinal digital e transmiti-la para a ERB.

5.5. Panorama geral da telefonia celular

A telefonia móvel utiliza em todo o mundo ondas de rádio com frequências entre 900 e 2000 MHz. Os serviços móveis utilizam as bandas de frequências da seguinte maneira: o denominado *Global System for Mobile Communications* (GSM), que utiliza tecnologia digital e que opera na banda de frequências de 900 MHz, e uma ampliação deste sistema, o *European Digital Cordless System* (DCS-1800), muito parecido ao GSM, mas que opera na banda de 1800 MHz, e a tecnologia *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS-2000). No Brasil, as 10 operadoras de telefonia celular: Brasil Telecom, Oi, Claro, TIM, Vivo, Telemig Celular, Amazônia Celular, CTBC, Sercomtel Celular e Nextel.

Telefones celulares são aparelhos de comunicação bidirecionais completos, isto significa que eles usam duas frequências separadas simultaneamente, uma para transmitir e outra para receber informações:

- Frequência de comunicação direta ou *Downlink* – Sentido de comunicação da Estação Rádio-Base (ERB) para o telefone móvel.
- Frequência de comunicação reversa ou *Uplink* – Sentido de comunicação do telefone móvel para a Estação Rádio-Base (ERB).

Atualmente, os aparelhos de telefonia móvel de todas as operadoras (com exceção da NEXTEL) operam em modo *Dual-Band*, ou seja, caso a rede principal de operação do aparelho não esteja disponível, o aparelho muda automaticamente para uma rede auxiliar disponibilizada pela própria operadora. Desta forma, um aparelho que não encontra sua rede original (modo de operação digital), programa-se para o modo analógico. Isto se deve ao fato das operadoras manterem suas redes analógicas em funcionamento para que a cobertura e atendimento dos clientes sejam sempre garantidos. Em alguns casos, quando nenhum dos sinais da operadora estiver presente, o aparelho procura por bandas de operação de outras operadoras e passa a operar como um aparelho “visitante” (também conhecido como sistema *roaming*). Para o caso de aparelhos SME, estes não procuram outras bandas. Estas são as características que levaram a escolha da Banda SME para este trabalho. Para se conseguir demonstrar o bloqueio de um celular GSM (*Global System for Mobile Communications*, ou Sistema Global para Comunicações Móveis) seria necessário desenvolver um equipamento capaz de gerar interferência em duas, ou mais, bandas diferentes.

5.6. Regulamentação segundo a ANATEL

No Brasil, a agência que regulamenta o setor é a ANATEL. A Agência Nacional de Telecomunicações é incumbida de administrar a utilização do espectro de radiofrequências, regulamentando e fiscalizando seu uso. Cada faixa de radiofrequência é adequada para uma determinada aplicação ou serviço. A regulamentação aplicável às diversas faixas de radiofrequências podem ser encontradas no Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDF) conforme a Lei 9.472/97.

De acordo com a ANATEL, o espectro para telefonia celular é separado em 8 Bandas, conforme tabela 1:

Tabela 1: Freqüências regulamentadas no Brasil – Fonte ANATEL.

Banda	Freqüência reversa	Freqüência direta
SME	806 MHz à 821 MHz	851 MHz à 866 MHz
A + B (A, A', A'', B, B')	824 MHz à 849 MHz	869 MHz à 894 MHz
GSM 1 (GSM 900)	898,5 MHz à 901 MHz	943,5 MHz à 946 MHz
GSM 2 (GSM 900)	907,5 MHz à 915 MHz	952,5 MHz à 960MHz
GSM D (GSM 1800)	1710 MHz à 1725 MHz	1805 MHz à 1820 MHz
GSM C (GSM 1800)	1725 MHz à 1740 MHz	1820 MHz à 1835 MHz
GSM E (GSM 1800)	1740 MHz à 1755 MHz	1835 MHz à 1850 MHz
GSM C' (GSM 1800)	1775 MHz à 1785 MHz	1870 MHz à 1880 MHz

5.7. Banda SME

O Serviço Móvel Especializado (SME), também conhecido como *Trunking* ou sistema troncalizado, é um serviço muito semelhante ao serviço celular sendo que as principais diferenças em relação este:

- O SME é destinado a pessoas jurídicas ou grupos de pessoas caracterizados pela realização de atividade específica. E não pode ser oferecido a pessoas físicas individualmente.
- Oferece a possibilidade comunicação tipo despacho (*push to talk*) para um grupo.

5.8. Sistemas de bloqueio

Bloqueadores de celular são sistemas que têm a capacidade de inibir a comunicação entre a estação rádio base e a estação móvel, impossibilitando que este realize ou receba chamadas, em certa área controlada, sem restringir os assinantes de áreas vizinhas que possuem o direito de se comunicar livremente.

Para atingir este fim pode-se atacar qualquer um dos dois princípios da comunicação celular: a troca de mensagens entre a ERB e a MS, ou a relação entre sinal recebido e o ruído do ambiente onde o móvel está.

Interagir na troca de mensagens é um processo complexo que só pode ser implementado nas MSC's das operadoras.

Segundo Cunha⁷, O ruído é soma de todos os sinais de RF presentes naquela frequência. Se a relação sinal/ruído for muito ruim, mesmo que o terminal e a ERB aumentem sua potência de transmissão, a comunicação entre ambos será interrompida pois o sinal estará tão degradado que nenhuma das partes poderá compreendê-lo.

Para estabelecer o bloqueio da comunicação celular, o sistema de bloqueio não precisa afetar toda a faixa de frequências em que o serviço opera, apenas as frequências usadas pelos celulares, ou seja, as frequências de recebimento de informação. Ainda assim, o bloqueio ocorrerá em ambas as direções, pois o estabelecimento da comunicação entre o móvel e a ERB ocorre mediante respostas ao recebimento de mensagens, de ambos os lados. A ERB envia uma mensagem ao móvel e espera por uma resposta, bem como o móvel envia uma mensagem a ERB e espera uma resposta, para então prosseguir com o estabelecimento da comunicação. Se esse fluxo de mensagens for interrompido tanto no móvel como na estação, então nenhuma comunicação é estabelecida. Assim, se houver um ruído que se sobreponha ao sinal enviado pela ERB na frequência de recebimento do aparelho celular, este não poderá fazer trocar as mensagens com a ERB e a comunicação entre os dois elementos ficará obstruída.

Logo, será necessário gerar um ruído capaz de sobrepor o sinal enviado pela ERB, apenas, na frequência direta (Downlink), Pois segundo Cunha⁸, como a estação e o celular transmitem em frequências diferentes basta interferir na frequência da estação, pois se não houver resposta às solicitações do celular a comunicação não será estabelecida. Assim não será necessário gerar ruído na frequência reversa.

A banda que se pretende bloquear é definida pela ANATEL como SME – Serviço Móvel Especializado (ou SMR - *Specialized Mobile Radio*). As faixas regulamentadas no Brasil pela ANATEL são mostradas na Figura 3.

⁷ CUNHA, A. F. da. Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital. São Paulo: Érica, 2006. Pág. 163

⁸ CUNHA, A. F. da. Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital. São Paulo: Érica, 2006. Pág. 164

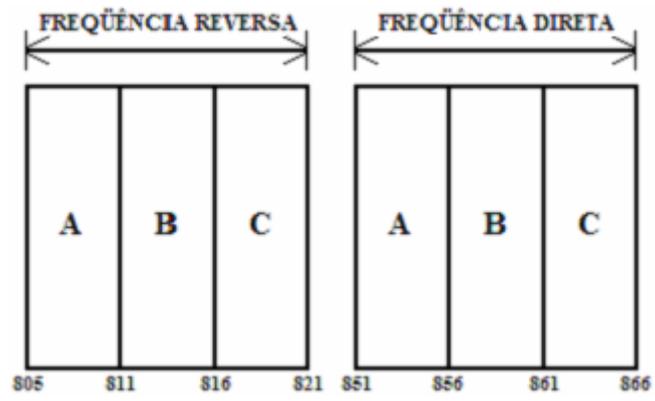


Figura 3: Faixas regulamentadas para o sistema *Trunking* – Fonte ANATEL

6. DESENVOLVIMENTO

O projeto do bloqueador de frequências foi elaborado tomando como base um equipamento muito conhecido no mercado de telecomunicações: o repetidor de sinais. Um repetidor de sinais recebe um sinal, regenera o mesmo e depois o retransmite para o espaço. O repetidor celular capta os sinais do meio, seleciona uma frequência específica a ser regenerada e a retransmite, isto porque, as operadoras não têm interesse em melhorar o sinal de suas concorrentes.

Modificando o projeto de um repetidor e inserindo nele um ruído branco, ao invés de um sinal da operadora, pode-se projetar esse ruído exatamente na faixa da operadora para o qual o repetidor deveria funcionar. Então amplificando esse sinal é possível degradar o parâmetro sinal/ruído para certa faixa de frequências em certo local, provocando o efeito de bloqueio de um aparelho celular.

6.1. Análise do diagrama em blocos

Através do gerador de ruído (Figura 11) obtém-se um ruído branco que ocupa uma determinada faixa de frequência. Este ruído inicia-se em 1 MHz e estende-se pelo espectro com maior intensidade nas frequências de 20 MHz à 200 MHz (Figura 4).

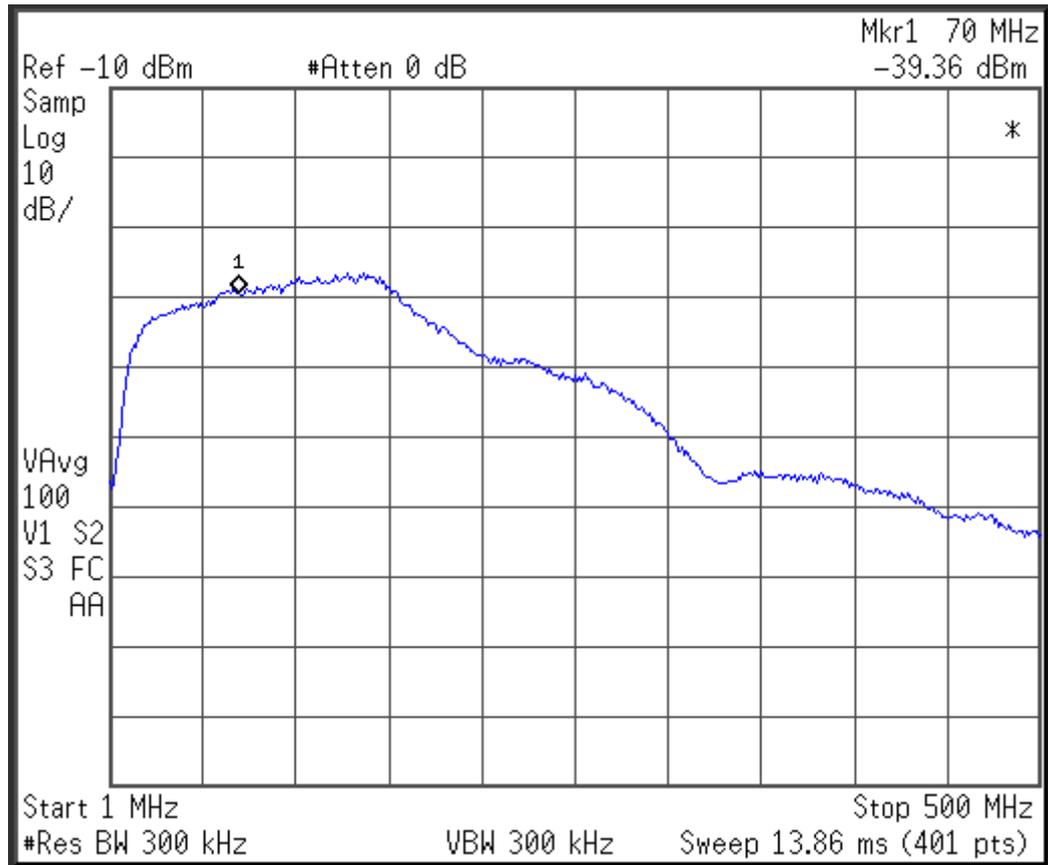


Figura 4: ruído iniciando em 1 MHz e estendendo-se pelo espectro.

No canto superior direito da Figura 4 tem-se a medida de intensidade do sinal e a posição em frequência do *Marcador 1* (*Mkr1* > *Marker 1* - ponto de medição). Na parte inferior da imagem tem-se o início do espectro (*start*) e o fim do espectro (*stop*) que está sendo usado como referência para medida (em frequência).

A saída do gerador de ruído é acoplada a um conversor heterodino. Neste módulo o ruído é acoplado a um filtro SAW de alta seletividade que define a banda do sinal em 15 MHz. A frequência central de operação (frequência de corte) deste filtro é de 70 MHz. Cada coluna da Figura 5 representa 7,5 MHz. A informação “*Span*” no canto inferior direito da Figura 5 significa o tamanho total do espectro que está sendo mostrado na tela do analisador.

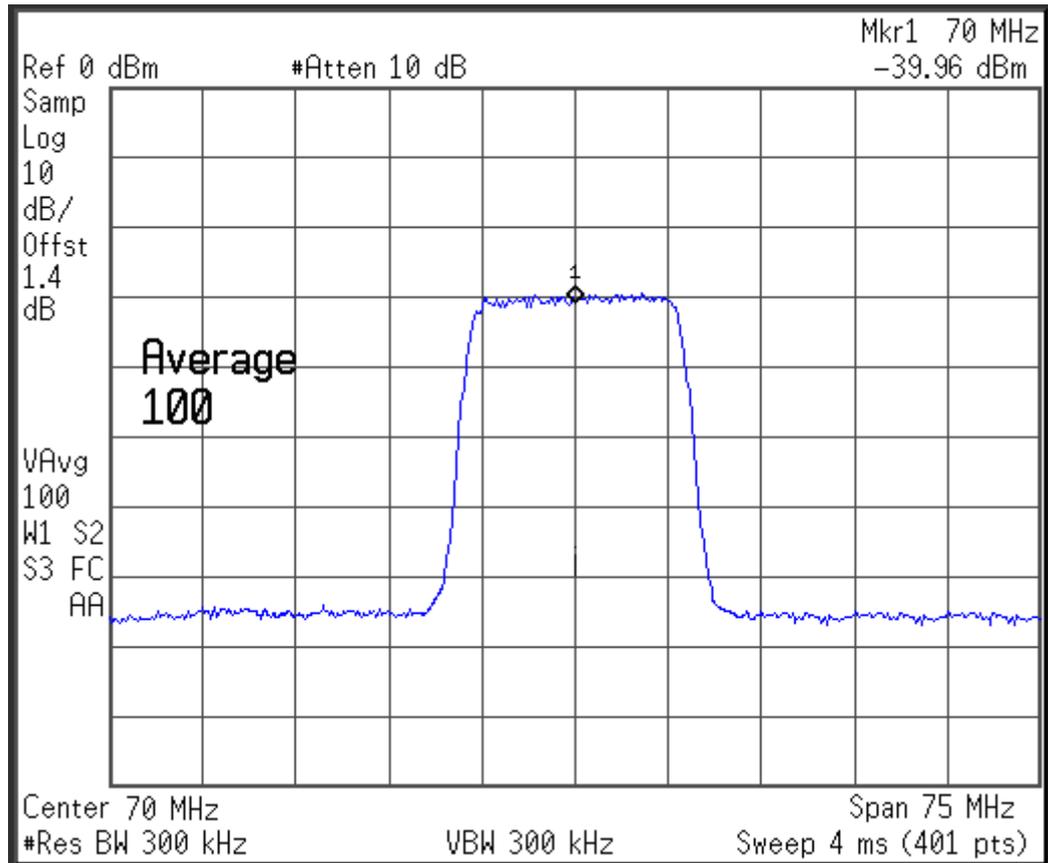


Figura 5: Ruído filtrado com frequência central em 70 MHz.

Devido à característica do misturador, que trabalha com simples soma e subtração de sinais, faz com que a operação entre o sinal gerado pelo PLL e o sinal filtrado de ruído tenha o resultado visualizado na figura 6.

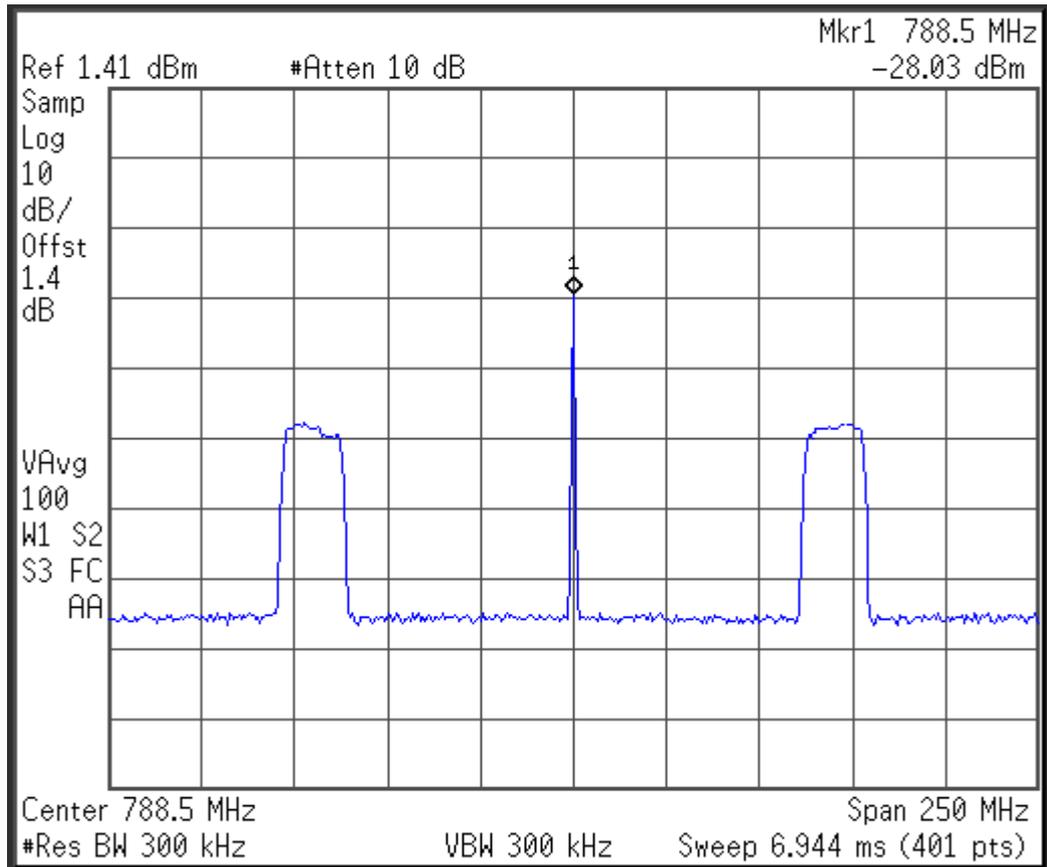


Figura 6: sinal na saída do misturador.

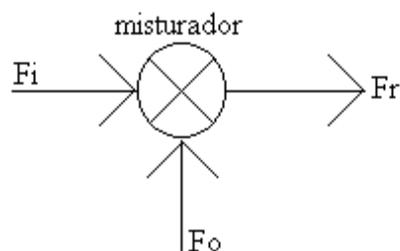


Figura 7: arquitetura de funcionamento do misturador.

O calculo feito pelo misturador é:

$$Fr 1 = Fo + Fi$$

$$Fr 2 = Fo - Fi$$

Sendo:

Fr1 = Frequência resultante da soma dos sinais. (banda lateral superior).

Fr2 = Frequência resultante da subtração dos sinais (banda lateral inferior).

F_o = Frequência do oscilador (PLL).

F_i = Frequência de entrada.

O sinal desejado (resultado F_r do misturador) é um que tenha a Frequência Central de 858.5 MHz (da Banda SME). O sinal de entrada F_i é conhecido (ruído com frequência central em 70 MHz). Efetuando os cálculos, a frequência que deve ser injetada em F_o no misturador para que uma das bandas laterais seja 858,5 MHz é:

$$858,5 = F_o + 70$$

$$F_o = 928,5 \text{ MHz}$$

e

$$858,5 = F_o - 70$$

$$F_o = 788,5 \text{ MHz}$$

A F_o escolhida foi 788,5 MHz devido ao circuito PLL 400 – 782 disponível. Este sintetizador de frequência (PLL) possui certa abrangência de operação permitindo que este seja programado para gerar um sinal de 788,5 MHz.

Injetando F_i de 70 MHz (banda) e F_o de 788,5 MHz no misturador, o sinal resultante é o visto na Figura 6. Visualiza-se na Figura 8 que a banda lateral superior deste sinal tem Frequência Central em 858,5 MHz e banda de 15 MHz abrangendo toda faixa de operação do sinal SME.

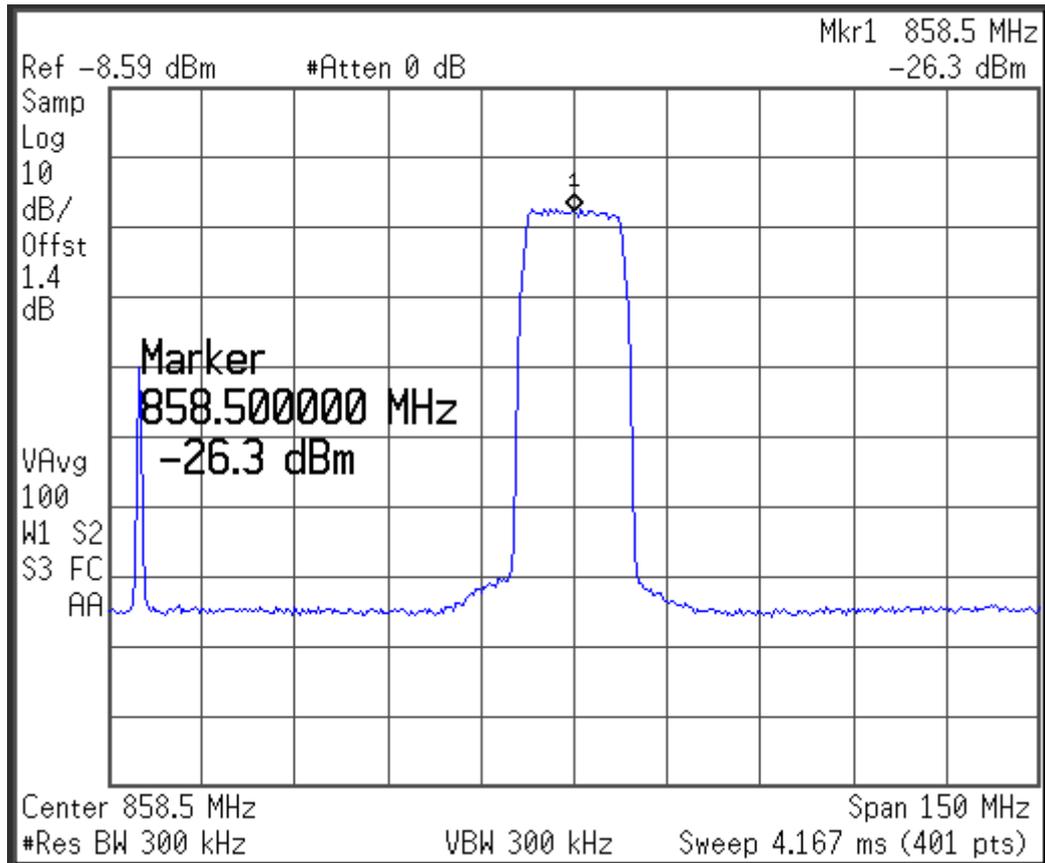


Figura 8: ruído transladado.

O ruído devidamente filtrado, e com largura de banda de 15 MHz, é convertido pelo misturador, tendo sua frequência central transladada para a frequência central da banda SME (858,5 MHz). Figura 8.

O sinal transladado proveniente do misturador, é filtrado para que a fuga do oscilador local (sintetizador de sinal – PLL) não interfira na intensidade do sinal desejado.

Esta fuga de oscilador local é destacada pelo marcador na figura 9.

6.2. Descrição detalhada dos módulos

O sistema bloqueador foi dividido em módulos para a melhor compreensão conforme a figura 10. Segue a descrição de cada módulo que compõe o sistema.

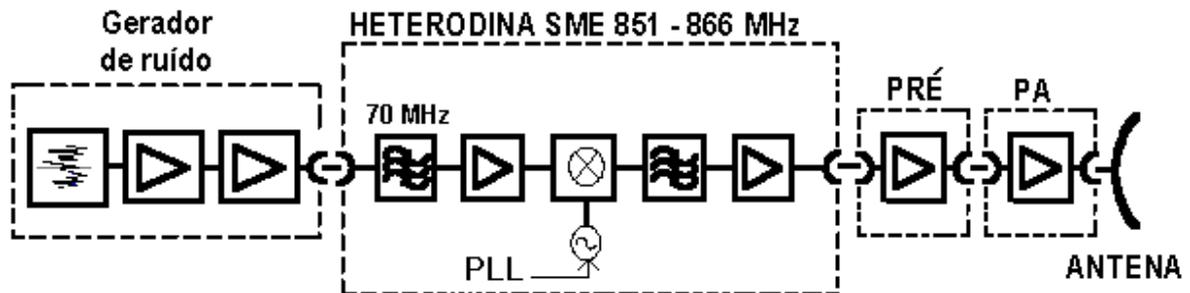


Figura 10: diagrama em blocos do Bloqueador.

6.2.1. Gerador de ruído branco

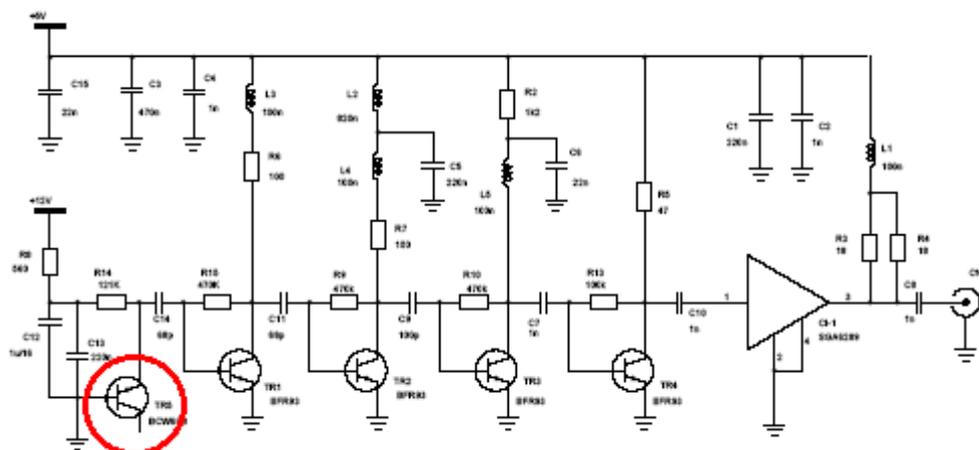


Figura 11: gerador de ruído.

Para gerar ruído, um transistor é polarizado inversamente (Figura 11). O sinal resultante desta polarização é um ruído de baixa intensidade. Este ruído é amplificado por um transistor, agora diretamente polarizado. Este procedimento, amplificação do ruído gerado, é repetido 4 vezes e ao final do processo o sinal é submetido a um transistor SGA 6289 de alto ganho. O sinal resultante de todo este processo é mostrado na Figura 4.

6.2.2. Conversor heterodino

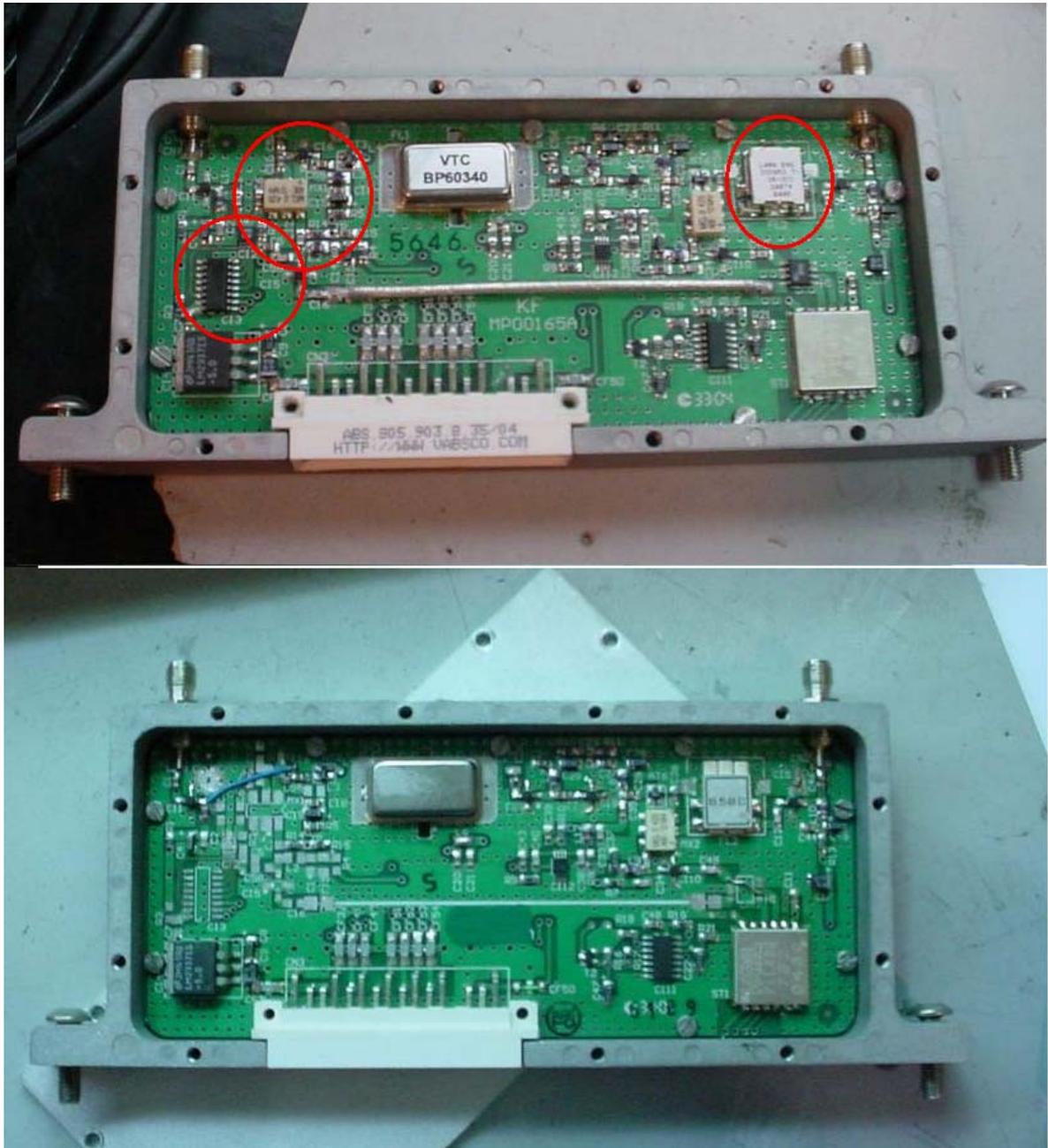


Figura 12: Conversor heterodino completo e conversor alterado.

O conversor heterodino tem como função definir a seletividade da banda do sinal oriundo do gerador de ruído branco (Figura 4) antes de ser transladado e transmitido para o meio, sobrepondo para a frequência de link direto do SME.

O sinal disponível no conector de entrada CN1 (Figura 14) é amplificado em CI1.

O ruído é amplificado para compensar perdas no processo de filtragem.

Após amplificado em CI1, o sinal é filtrado em FL1, que utiliza uma tecnologia SAW (*surface acoustic wave*), o que garante uma altíssima seletividade e obtém-se assim um sinal de 15 MHz (Figura 5). Para este procedimento foi utilizado o filtro SAW BP60140 (*Datasheet* em anexo).

Após filtrado por FL1, o ruído é amplificado por CI2 e CI3 e acoplado ao misturador balanceado MX, cuja função é transladar o sinal de 70 MHz para a frequência de RF do SME (851 MHz a 866 MHz) (Figura 6 e Figura 8).

No filtro FL2 são atenuados os sinais indesejáveis gerados pelo processo de translação e presentes na saída do misturador (figura 6 – banda lateral inferior e oscilador PLL).

O filtro FL2 utiliza tecnologia de ressonadores cerâmicos e sua curva de resposta é apresentada na Figura 13.

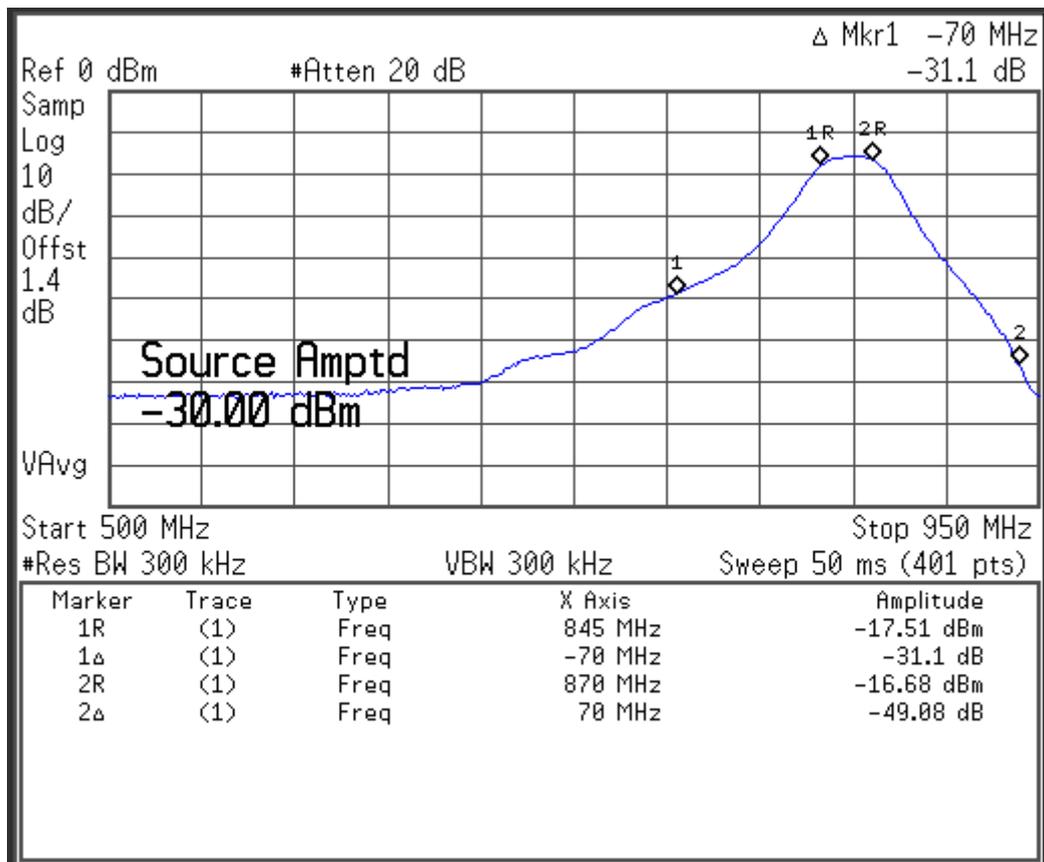


Figura 13: curva de resposta do filtro cerâmico FL2.

Analisando a curva de resposta da figura 13 pode-se perceber que as frequências abaixo de 845 MHz e as frequências acima de 870 MHz são atenuadas em ordens superiores a 30 dB.

O ruído, agora cobrindo a frequência do SME, é amplificado por CI4 e disponibilizado no conector de saída CN2.

Foi utilizado um oscilador local (PLL – sintetizador de frequência) para o misturador conforme descrito no item 6.1. – Figura 7. O sinal gerado no PLL é entregue ao misturador para que o batimento (soma e subtração dos sinais) seja feito.

Na Figura 14 é mostrado um esquemático do conversor heterodino:

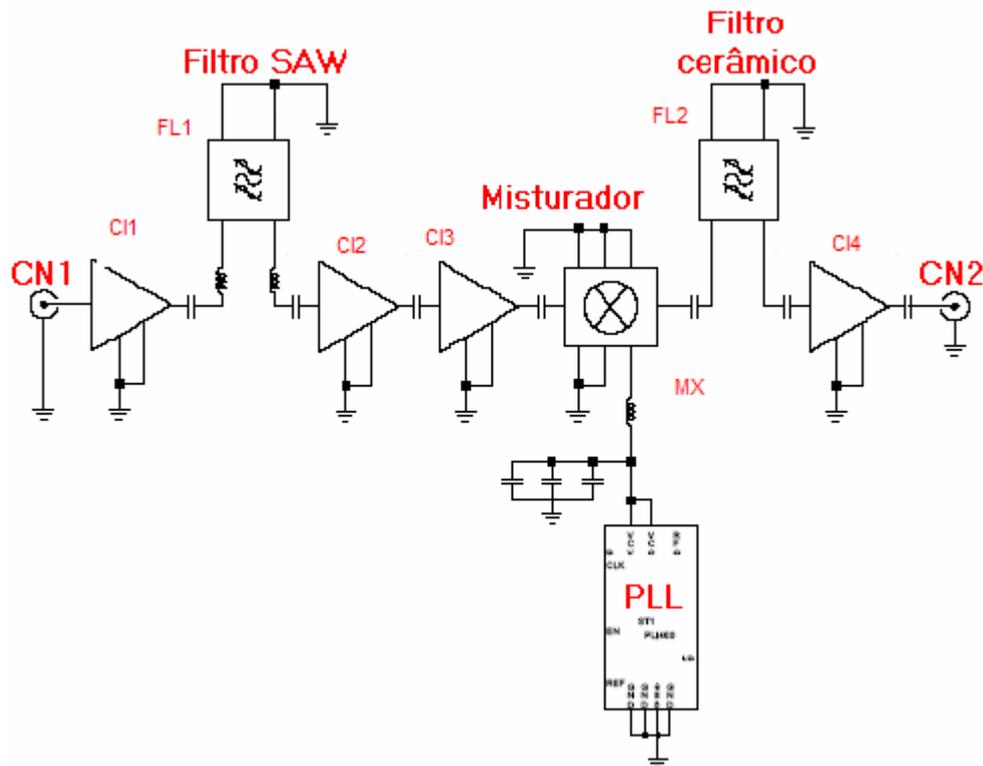


Figura 14: diagrama em blocos do conversor heterodino.

6.2.3. Pré-amplificador de potência

O módulo pré-amplificador de potência tem duas funções que são reforçar o processo de filtragem dos sinais indesejáveis (este módulo possui o mesmo filtro cerâmico presente no conversor heterodino - Figura 13) e Amplificar em 12 dBm \pm 2 dB, o nível requerido na entrada do amplificador de potência.

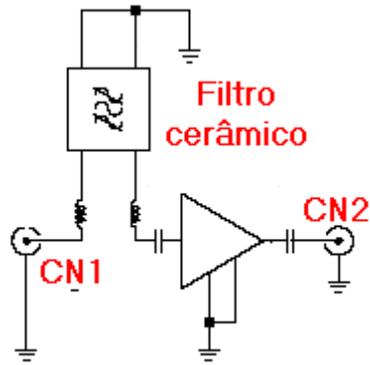


Figura 15: diagrama em blocos do funcionamento do pré-amplificador.

6.2.4. Amplificador de Potência.

O módulo amplificador de potência (PA – *Power Amplifier*) tem basicamente a função de dar um alto ganho ao sinal que foi acoplado em sua entrada. Este módulo não possui nenhum tipo de filtro.

6.2.5. Fonte de alimentação

A fonte de alimentação tem como função fornecer as tensões necessárias a todos os módulos que compõem o equipamento.

As tensões fornecidas são:

+28,5 VCC/3,5 A - para alimentação dos amplificadores de potência;

+7,5 VCC/2 A - para alimentação dos conversores heterodinos e pré-amplificadores de potência.

7. CONCLUSÃO

Conforme abordado neste trabalho, o equipamento desenvolvido, tem uma finalidade social considerável, contribuindo para a segurança pública. Apesar de não haver uma obrigatoriedade de instalação nas regiões onde a utilização de celulares interfere na confiabilidade do sistema carcerário, por exemplo. Este projeto, poderá servir como base para o desenvolvimento de um produto mais completo, com capacidade de bloqueio de faixas de frequência maiores, atingindo as demais bandas de telefonia celular. Para isto basta que mais estágios sejam implantados ao projeto, um para cada faixa de frequência que se deseje bloquear.

Até o momento da conclusão do trabalho, todos os testes realizados foram feitos em bancada com analisadores de espectro. Embora a equipe não dispusesse de um aparelho Nextel para um teste efetivo, acredita-se que o sistema funcionaria. Aparelhos comuns de telefonia celular têm uma capacidade receptiva em torno de -120 dBm. Pois devido a perdas em espaço livre, muros, janelas, um sinal de cerca de -60 a -40 dBm é considerado de boa qualidade. Visto isso, como o sistema irá gerar um nível de ruído de 0 dBm, tal ruído estaria muito acima do sinal recebido pelo móvel e por isso o bloqueio ocorreria na maioria dos casos. Para garantir o funcionamento correto do sistema em qualquer local seria necessário de um estudo prévio do mesmo, analisando a potência do sinal da operadora onde o sistema será implantado.

REFERÊNCIAS

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. **Resolução nº. 404**, de 05/05/2005, publicado (a) no Diário Oficial de 16/05/2005. Aprova Alterações no Regulamento do Serviço Móvel Especializado - SME. Disponível em <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 01 dez. 2007.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. **“Norma para certificação e homologação de transmissores e transceptores de estações rádio base e de estações repetidoras do Serviço Móvel Pessoal (SMP) e Serviço Móvel Especializado (SME)”**, de 30/08/2005 (pdf, 151.77Kb). Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2007.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. **Diretrizes para implementação do Serviço Móvel Pessoal**, de 21/09/2000. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2007.

JUNIOR, Professor Dyson Pereira. **Teoria da informação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://pessoal.cefetpr.br/dyson/>>. Acesso em: 04 dez. 2007.

MOBILELIA. ***Integrated Digital Enhanced Network***. Disponível em: <<http://www.mobiledia.com/glossary/133.html>>. Acesso em: 19 nov. 2007.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. Sala de imprensa de 23 de Novembro de 2007: **Telefonia móvel mantém crescimento e se aproxima dos 115 milhões de acessos**. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/>>. Acesso em: 02 dez. 2007.

União Internacional de Telecomunicações (ITU – *International Telecommunication Union*). **Quantidade de usuários de telefonia móvel supera quantidade de usuários de telefonia fixa em 97 países, incluindo o Brasil**. Disponível em: <http://www.itu.int/newsroom/press_releases\2002\05.html>. Acesso em 01 dez. 2007.

MENDES, M. **O celular globalizou a vida do presídio** [2001]. VEJA - Edição 1689 - 28 de fevereiro de 2001. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/280201/p_026.html>. Acesso em: 02 dez. 2007.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações. **Regulamento sobre condições de uso das faixas de radiofrequências** de 21/12/2000, publicado no Diário Oficial de 26/12/2000.

MIYOSHI, Edson Mitsugo e SANCHES, Carlos Alberto. **Projetos de Sistemas Rádio**. 2ª ed. Editora Érica.

SILVA, Gilberto Vianna Ferreira. **Sistemas Radiovisibilidade Vol. 1**, 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983. 294 p.

CUNHA, A. F. da. **Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital**. São Paulo: Érica, 2006.

ANATEL – Agencia Nacional de Telecomunicações. **Norma de Uso do Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações**. Anexo à Resolução N.º 308, De 11 De Setembro De 2002.

ANATEL – Agencia Nacional de Telecomunicações. **Regulamento Sobre Canalização e Condições de Uso de Radiofrequências nas Faixas de 460 MHz, 800 MHz e 900 MHz Para o Serviço Limitado Móvel Privativo (SLMP) e Serviço Móvel Especializado (SME)**. Anexo à Resolução N.º 455, De 18 De Dezembro De 2006.

MARQUETTI, Clécio. *World Telecom – 2000*. Disponível em: <http://br.geocities.com/kekohp/conceitos.htm>. Acesso em: 27 jun. 2008.

FELICE, Fernando. **Conceitos de Telefonia Móvel Celular**. Curitiba: Divisão de Recursos Gráficos do CEFET-PR, 2005 Pág. 30.

ANEXO A – ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 308, DE 11 DE SETEMBRO DE 2002

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 308, DE 11 DE SETEMBRO DE 2002

NORMA DE USO DO BLOQUEADOR DE SINAIS DE RADIOCOMUNICAÇÕES

1. Objetivo e abrangência

1.1. Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições de uso do Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR), destinado a restringir o emprego de radiofrequências ou faixas de radiofrequências específicas para radiocomunicações, em estabelecimento penitenciário, considerado o interesse público.

1.2. O uso do Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR), caracterizado como atividade de telecomunicações restrita aos limites de uma mesma edificação ou propriedade móvel e imóvel, é regido pela Lei nº. 9.472/97, em especial pelos artigos 75, 160 e 163, § 2º, I.

1.3 As disposições desta Norma não se aplicam à equipamentos receptores detectores de atividade de radiocomunicações que não façam uso de radiação eletromagnética ou a recursos passivos para bloqueio de sinais de radiocomunicações.

2. Definições

2.1. Aplicam-se, para os fins desta Norma, as seguintes definições:

2.1.1. **Área de Bloqueio:** Área a ser bloqueada contra a realização de comunicações que corresponde à área de atuação do Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR).

2.1.2. **Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR):** Equipamento de Radiação Restrita destinado a bloquear sinais de radiocomunicações. O bloqueio efetivo de sinais de radiocomunicações é obtido com sistema de um ou mais BSR, antenas, unidades ou módulo de gerenciamento, unidade ou módulo de alimentação e demais equipamentos, módulos, unidades, peças ou partes necessários.

2.1.3. **Pontos de Verificação:** Pontos nos quais é verificada a eficiência do BSR assim como a ocorrência de interferência prejudicial provocada pelo mesmo nas radiofrequências ou nas subfaixas de radiofrequências estabelecidas.

2.1.4. **Prestadora de Serviços de Radiocomunicações:** Entidade que detém concessão, autorização ou permissão para prestar Serviços de Telecomunicações;

2.1.5. **Usuário de BSR:** Entidade, formalmente designada pelo Ministério da Justiça, como responsável pela operação de BSR em um determinado estabelecimento penitenciário.

3. Características Gerais do Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações

3.1. As radiofrequências e as faixas de radiofrequências de operação do BSR são estabelecidas conforme a necessidade de cada estabelecimento penitenciário.

3.2. O bloqueio de radiocomunicações deve ficar restrito aos limites do estabelecimento penitenciário e não deve interferir em serviço de radiocomunicações autorizado fora de tais limites.

3.3. O BSR não deve interferir em radiofrequências ou faixas de radiofrequências fora das estabelecidas para bloqueio.

3.4. O BSR deve dispor de dispositivo de sinalização para falhas operacionais, local e remoto.

3.5. O BSR deve atender aos níveis aceitáveis de exposição a campos eletromagnéticos de radiofrequência, conforme limites estabelecidos pela Anatel em regulamentação específica.

4. Instalação de Bloqueadores de Sinais de Radiocomunicações

4.1. O Usuário do BSR, antes da instalação do BSR, deve manter contato com as Prestadoras de Serviços de Radiocomunicações da região para que sejam avaliados e ajustados os níveis de sinais dos serviços e do BSR, de modo a evitar a ocorrência de interferências prejudiciais fora dos limites do estabelecimento penitenciário.

ANEXO B – ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 455, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2006

**ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 455, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2006.
REGULAMENTO SOBRE CANALIZAÇÃO E CONDIÇÕES DE USO DE
RADIOFREQUÊNCIAS NAS FAIXAS DE 460 MHz, 800 MHz E 900 MHz
PARA O SERVIÇO LIMITADO MÓVEL PRIVATIVO (SLMP) E
SERVIÇO MÓVEL ESPECIALIZADO (SME).**

CAPÍTULO I

Das Disposições Gerais

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo estabelecer a canalização e as condições de uso das faixas de 460 MHz a 462 MHz e de 465 MHz a 467 MHz, de 806 MHz a 824 MHz e de 851 MHz a 869 MHz, de 896 MHz a 898,5 MHz e de 935 MHz a 937,5 MHz, destinadas ao Serviço Limitado Móvel Privativo (SLMP) e Serviço Móvel Especializado (SME), por sistemas analógicos ou digitais.

Art.2º Os sistemas que operem de acordo com o estabelecido neste Regulamento podem trafegar dados ou voz, sem restrições.

CAPÍTULO II

Da canalização

Art. 3º As frequências nominais das portadoras dos canais de radiofrequências estão apresentadas nas Tabelas A.1 a A.4, do Anexo A.

Parágrafo único. As estações móveis farão uso, na transmissão, das frequências das faixas de 460 MHz a 462 MHz, de 806 MHz a 824 MHz e de 896 MHz a 898,5 MHz, enquanto que as estações base correspondentes, farão uso, para transmissão, das faixas de 465 MHz a 467 MHz, de 851 MHz a 869 MHz e de 935 MHz a 937,5 MHz.

Art. 4º A Anatel poderá autorizar uso diverso dos sentidos de transmissão aqui estabelecidos, desde que devidamente fundamentado e que não cause prejuízo aos demais usuários.

CAPÍTULO III

Das Características Técnicas

Art. 5º A largura de faixa ocupada pelo canal deve ser a menor possível de modo a reduzir a possibilidade de interferências entre canais adjacentes, e não pode ser superior aos valores apresentados na Tabela 1, abaixo, de acordo com as faixas de frequências correspondentes.

Tabela 1

FAIXA DE FREQUÊNCIA (MHz)	LARGURA DE FAIXA DO CANAL (kHz)
460 - 462 e 465 - 467	12,5 ou 25,0
806 - 821 e 851 - 866	25,0
821 - 824 e 866 - 869	12,5 ou 25,0
896 - 898,5 e 935 - 937,5	12,5

Art. 6º A potência de RF na saída do transmissor está limitada aos valores, a seguir representados, na Tabela 2

Tabela 2

Estação (tipo)	Potência (W)
MÓVEL	25
BASE	250

ANEXO C – ANEXO À RESOLUÇÃO N°.303, DE 2 DE JULHO DE 2002

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 303, DE 2 DE JULHO DE 2002
REGULAMENTO SOBRE LIMITAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELÉTRICOS,
MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS NA FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS
ENTRE 9 kHz e 300 GHz

TÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Capítulo I

Dos Objetivos e Abrangência

Art. 1º Este regulamento tem por objetivo estabelecer limites para a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, associados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação de serviços de telecomunicações, bem como definir métodos de avaliação e procedimentos a serem observados quando do licenciamento de estações de radiocomunicação, no que diz respeito a aspectos relacionados à exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na referida faixa de radiofrequências.

Art. 2º Este regulamento se aplica a todos que utilizem estações transmissoras que exponham seres humanos a campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos na faixa de radiofrequências indicada no artigo 1º.

Capítulo II

Das Definições e Abreviaturas

Art. 3º Para fins deste Regulamento aplicam-se as seguintes definições e abreviaturas:

I. Absorção específica (SA – sigla em inglês de “*Specific Absorption*”): Energia absorvida por unidade de massa de tecido biológico, expressa em joule por quilograma (J/kg). SA é a integral, no tempo, da taxa de absorção específica.

II. Campo distante (Região de): Região do espaço onde os campos elétrico e magnético possuem características aproximadamente de onda plana e as componentes de campo elétrico e magnético são perpendiculares entre si e ambas são transversais à direção de propagação. O campo distante, para os casos onde o comprimento máximo total da antena transmissora é maior que o comprimento de onda do sinal emitido, ocorre a partir da distância:

$$d = 2 L_2 / \lambda \text{ onde:}$$

d é a distância, em metros;

λ é o comprimento de onda, em metros;

L é a dimensão máxima total da antena transmissora, em metros.

ANEXO D – ANEXO À RESOLUÇÃO N.º 306, DE AGOSTO DE 2002

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 306, DE AGOSTO DE 2002
NORMA PARA CERTIFICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO DE BLOQUEADOR
DE SINAIS DE RADIOCOMUNICAÇÕES

1. OBJETIVO

Esta Norma tem por objetivo estabelecer os requisitos técnicos mínimos para certificação e homologação de Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações – BSR.

2. DEFINIÇÕES

Para fins desta Norma aplicam-se as seguintes definições:

I Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações – BSR: equipamento destinado a bloquear sinais de radiocomunicações.

II Emissões não essenciais: emissões em uma ou várias frequências que se encontrem fora da faixa de frequência necessária, cujo nível de intensidade de sinal pode ser reduzido sem afetar o sinal de transmissão desejado. As emissões não essenciais incluem emissões harmônicas ou qualquer outra emissão do transmissor, mesmo as conduzidas por linhas de alimentação.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS

3.1. As faixas de radiofrequências para operação de BSR são as previstas nos regulamentos de canalização e condições de uso das faixas de radiofrequências utilizadas para acesso a Serviços de Telecomunicações.

3.2. O BSR não deve interferir em radiofrequências ou faixas de radiofrequências fora dos limites estabelecidos para interferência com a finalidade de bloqueio de sinais de radiocomunicações.

3.3. O BSR deve dispor de saídas para dispositivos de sinalização para falhas operacionais, local e remoto.

3.4. O BSR deve dispor de sistema de alimentação por corrente alternada (CA) e por corrente contínua (CC) permitindo a comutação automática e imediata de CA para CC, quando interrompida a alimentação CA.

3.5. A ação do BSR deve ser eficaz para toda e qualquer tecnologia aplicável aos Serviços de Radiocomunicações utilizados na localidade selecionada.

3.6. O BSR e os demais equipamentos do sistema de bloqueio de sinais de radiocomunicações devem ser resistentes às condições ambientais relativas a ambientes externos, sujeitos a intempéries.

3.7. O BSR deve apresentar desempenho satisfatório sem sofrer falhas ou alterações permanentes quando ocorrer simultaneamente:

I. Variação de temperatura de -5°C a 50°C ; e

II. Umidade relativa de 90% a 45°C , caindo linearmente para 80% a 50°C .

3.8. O BSR deve permitir ajuste de potência de modo a adaptá-lo às condições específicas de cada projeto.

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO

4.1. Quando o oscilador for submetido a uma variação de tensão de alimentação primária de até $\pm 15\%$ e de temperatura entre -5°C e $+50^{\circ}\text{C}$, a frequência central deverá manter-se, automaticamente, dentro de limites que não permitam variações da frequência além de ± 20 ppm.

ANEXO E – ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 454, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2006

**ANEXO À RESOLUÇÃO Nº. 454, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2006
REGULAMENTO SOBRE CONDIÇÕES DE USO DE RADIOFREQUÊNCIAS NAS
FAIXAS DE 800 MHz, 900 MHz, 1.800 MHz, 1.900 MHz E 2.100 MHz**

CAPÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo estabelecer as condições de uso das faixas de radiofrequências constantes da Tabela 1 por sistemas digitais do SMP, em conformidade com o Regulamento de Radiocomunicações da UIT (S1.24).

§ 1º A exploração industrial dos meios, objeto deste regulamento poderá ser efetuada pelas prestadoras do SMP, para prestação dos serviços para os quais a faixa esteja destinada, desde que utilizada a mesma infra-estrutura de rede do SMP.

§ 2º Mediante anuência prévia da Anatel, observado o interesse público e a ordem econômica, a mesma rede pode ser utilizada por duas ou mais prestadoras, para prestação dos serviços para os quais a faixa esteja destinada, desde que elas tenham os mesmos direitos ao uso desta rede, de forma isonômica e não discriminatória, e que as radiofrequências utilizadas sejam outorgadas a, pelo menos, uma das prestadoras.

§ 3º Admite-se o emprego de sistemas analógicos em aplicações do serviço móvel nas subfaixas de radiofrequências A e B da Tabela 1, de 824 MHz a 849 MHz e de 869 MHz a 894 MHz, até 30 de junho de 2008.

CAPÍTULO II

DAS FAIXAS DE RADIOFREQUÊNCIAS

Art. 2º As faixas de radiofrequências contidas na Tabela 1 ficam regulamentadas para a prestação do Serviço Móvel Pessoal - SMP, em caráter primário e sem exclusividade, restrita à respectiva Área de Prestação.

§ 1º Cada um dos pares de blocos das subfaixas de extensão estabelecidas na Tabela 1, terá seu uso outorgado, de forma individual ou agregada, conforme o pertinente instrumento convocatório.

§ 2º As subfaixas de 898,5 MHz a 901 MHz, de 907,5 MHz a 910 MHz, de 943,5 MHz a 946 MHz e de 952,5 MHz a 955 MHz, não serão autorizadas a prestadoras do SMP operando nas subfaixas D e E.

§ 3º Conforme dispuser o pertinente instrumento convocatório, as subfaixas de Extensão de 1.885 MHz a 1.890 MHz e de 1.890 MHz a 1.895 MHz somente serão outorgadas para uso por sistemas que empreguem tecnologia onde, na transmissão da estação nodal para a estação terminal e na transmissão da estação terminal para a estação nodal, são utilizadas as mesmas portadoras (*TDD*).

§ 4º Observados os critérios a serem estabelecidos no pertinente instrumento convocatório, em função da decretação de deserto do processo licitatório, as subfaixas H e M poderão ser autorizadas como

ANEXO F – 70 MHz *Bandpass SAW Filter – Datasheet*

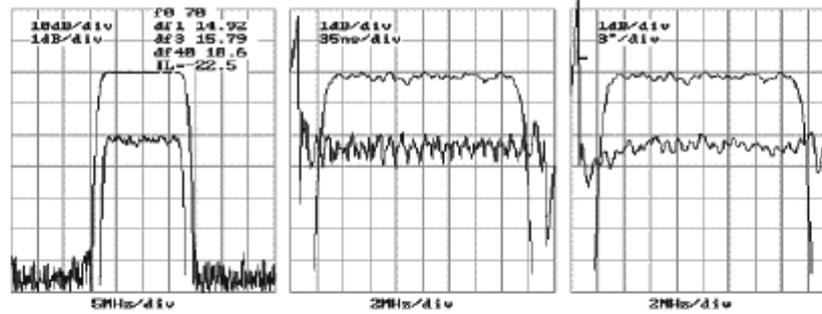
70 MHz Bandpass SAW Filter

15 MHz Bandwidth

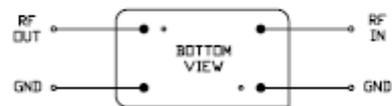
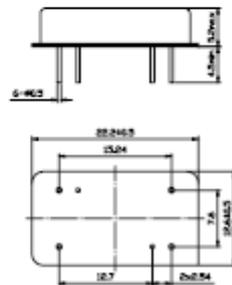
BP60140

Electronic Characteristics					
Parameter	Sym	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Center Frequency at 25°C	fc	69.85	70.00	70.15	MHz
Insertion Loss at fc	IL	-	21.8	25.0	dB
1 dB Bandwidth	BW1	14.5	14.97	-	MHz
3 dB Bandwidth	BW3	15.0	15.7	-	MHz
40dB Bandwidth	BW40	-	18.6	19.2	MHz
Passband Variation	-	-	0.3	0.7	dB
Phase Linearity	-	-	3.0	5.0	Deg
Group Delay Variation	-	-	30	60	nsec
Absolute Delay	-	-	1.5	-	µsec
Ultimate Rejection	-	50	60	-	dB
Substrate Material	-	-	128-LiNbO3	-	-
Ambient Temperature	Ta	-	25	-	°C
Operable Temperature Range	To	-45	-	85	°C

Typical Performance



Package OutlineMatching Configuration



No Matching Required
Nominal Source/Load Impedance : 50 Ω

ANEXO G – Surface Mount Frequency Mixer ADE-12MH – Datasheet

Surface Mount Frequency Mixer

Level 13 (LO Power +13 dBm) 10 to 1200 MHz

ADE-12MH+ ADE-12MH



CASE STYLE: CD542
PRICE: \$8.45 ea. QTY (10-49)

+ RoHS compliant in accordance
with EU Directive (2002/95/EC)

The + suffix identifies RoHS Compliance. See our web site
for RoHS Compliance methodologies and qualifications.

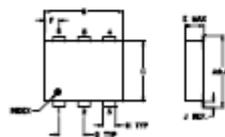
Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C to 85°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
RF Power	200mW
IF Current	40mA

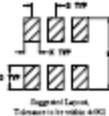
Pin Connections

LO	8
RF	3
IF	2
GROUND	1,4,5

Outline Drawing



DC Load Diagram

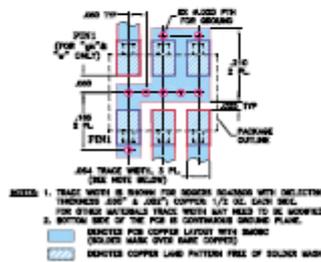


Outline Dimensions (Inch/mm)

A	B	C	D	E	F	G
.272	.310	.220	.100	.112	.055	.100
6.91	7.87	5.59	2.54	2.84	1.40	2.54

H	J	K	L	wt
.030	.025	.065	.300	grams
0.76	0.65	1.65	7.62	0.20

Demo Board MCL P/N: TB-03
Suggested PCB Layout (PL-052)



NOTES: 1. TRACE WIDTH IS SHOWN FOR ROUTER INCLUDING 45° DISECTING THICKNESS .001" & .001" COPPER 1/2 OZ. EACH SIDE.
FOR OTHER MATERIALS TRACE WIDTH MAY NEED TO BE ADJUSTED.
2. BOTTOM SIDE OF THE PCB IS CONTINUOUS DRIVING PLANE.
3. Hatched for copper layout with mask (SOLDER MASK OVER BARE COPPER)
4. Dotted copper land pattern free of solder mask

Features

- low conversion loss, 6.3 dB typ.
- good L-R Isolation, 45 dB typ.; L-I Isolation, 42 dB typ.
- low profile package
- aqueous washable
- protected by U.S. Patent 5,133,525

Applications

- cellular
- VHF/UHF receivers

Electrical Specifications

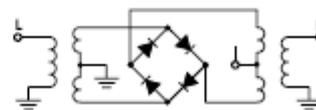
FREQUENCY (MHz)	CONVERSION LOSS (dB)	LO-RF ISOLATION (dB)		LO-IF ISOLATION (dB)			IP3 at center band (dBm)											
		L	M	L	M	U												
10-1200	DC-1200	6.3	0.10	0.0	0.5	62	45	45	32	45	20	88	40	42	27	30	20	32

1 dB COMP. +0 dBm typ. L = low range (1 to 100) M = mid range (100 to 1000) U = upper range (1000 to 1200)

Typical Performance Data

Frequency (MHz)	Conversion Loss (dB)		Isolation L-R (dB)		Isolation L-I (dB)		VSWR RF Port (-1)		VSWR LO Port (-1)	
	LO	LO +13dBm	LO	LO +13dBm	LO	LO +13dBm	LO	LO +13dBm	LO	LO +13dBm
10.00	40.00	6.42	55.07	55.00	52.00	1.54	1.59			
15.00	45.00	6.45	55.35	55.34	52.54	1.52	1.59			
20.00	50.00	6.41	54.90	55.34	52.54	1.54	1.58			
40.00	70.00	6.40	52.00	55.07	55.07	1.55	1.52			
70.00	100.00	6.50	58.50	54.07	54.07	1.52	1.48			
105.74	135.74	6.48	58.16	53.17	53.17	1.54	1.48			
150.00	180.00	6.58	53.49	52.50	52.50	1.58	1.50			
210.97	240.97	6.44	51.17	55.51	55.51	1.58	1.50			
318.21	348.21	6.49	48.50	49.00	49.00	1.61	1.50			
421.45	451.45	6.51	47.17	44.16	44.16	1.62	1.49			
528.66	558.66	6.53	45.33	39.67	39.67	1.65	1.51			
630.00	660.00	6.73	44.07	38.53	38.53	1.74	1.58			
650.00	680.00	6.77	44.07	38.01	38.01	1.73	1.54			
737.16	767.16	7.05	45.33	37.17	37.17	1.77	1.49			
842.40	872.40	7.74	43.17	35.66	35.66	1.85	1.48			
947.63	977.63	6.98	40.53	32.54	32.54	2.07	1.45			
1050.00	1080.00	6.54	40.33	30.99	30.99	2.10	1.38			
1062.87	1092.87	6.37	39.50	29.83	29.83	2.13	1.38			
1170.00	1200.00	6.90	37.07	28.54	28.54	2.28	1.32			
1200.00	1230.00	6.70	37.00	28.54	28.54	2.41	1.09			

Electrical Schematic



Mini-Circuits

INTERNET <http://www.minicircuits.com>
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 694-4500 Fax (718) 332-4561
Distribution Centers NORTH AMERICA 800-654-7040 • 417-335-5035 • Fax 417-335-5045 • EUROPE 44-1252-8525 00 • Fax 44-1252-837010
Mini-Circuits ISO 9001 & ISO 14001 Certified



REV. C
MINI-CIRCUITS
ED-10011
DATE: 03/01/04
PAGE 1 OF 2

ANEXO H – PLL400-782 – *Datasheet*



PLL Product Specification

Model: PLL400-782 Rev: A Date: 4/17/2003
 Customer: SIRENZA MICRODEVICES, INC. AppNote: 107
 Operating Temperature Range: (-35 ° to 85 ° C)

Parameter	Min	Typ	Max	Units	X	Remarks
Frequency Range -	769	782	795	MHz	X	
Step Size -		30		kHz	X	
Settling Time - To within 1.0 kHz		12	15	mSec		
Output Power -	-1	2	5	dBm	X	
Output Phase Noise - 10 kHz		-112	-106	dBc/Hz	X	
Power Supply -	4.75	5	5.25	Volts		
Supply Current -		18	25	mA	X	
Spurious Product - 30 kHz		-81	-70	dBc	X	
Reference Feedthrough -		-80	-70	dBc		
Harmonic Suppression:						
2nd Harmonic		-15	-10	dBc	X	
3rd Harmonic		-28	-10	dBc	X	
Ref Osc Signal:						
Frequency		10		MHz		
Amplitude	0.4		2	Vp-p		
Phase Noise - 1 kHz		-145		dBc/Hz		
Input Impedance		10		kΩ		
Output Impedance -		50		Ω		

Package Information

Package Type:	PLL400	Drawing Number:	60080
Dimensions:	0.6 x 0.6 x 0.14 inches	Drawing Revision:	B

Comments

X Indicates parameter to be tested 100% in production

Performance tests and ratings for Sirenza Microdevices' products were performed internally by Sirenza and measured using specific computer systems and/or components and reflect the approximate performance of the products so measured by those tests. Any difference in circuit implementation, test software, or test equipment may affect actual performance. The information provided herein is believed to be reliable at press time and Sirenza Microdevices assumes no responsibility for the use of this information. All such use shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications for Sirenza Microdevices' products are subject to change without notice. Buyers should consult Sirenza Microdevices' standard terms and conditions of sale for Sirenza's limited warranty with regard to its products. These products may be patented or include patented technology. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. Sirenza Microdevices does not authorize or warrant any product for use in life-support devices and/or systems.

Page 1 of 1

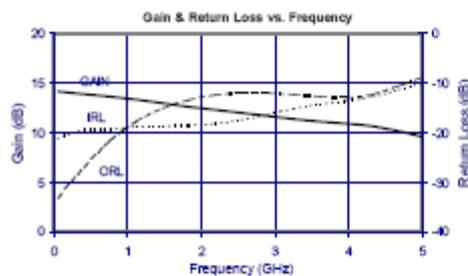
ANEXO I – High Performance Amplifier SGA-6289 – Datasheet



Product Description

The SGA-6289 is a high performance SiGe HBT MMIC Amplifier. A Darlington configuration featuring 1 micron emitters provides high F_T and excellent thermal performance. The heterojunction increases breakdown voltage and minimizes leakage current between junctions. Cancellation of emitter junction non-linearities results in higher suppression of intermodulation products. Only 2 DC-blocking capacitors, a bias resistor and an optional RF choke are required for operation.

The matte tin finish on Sirenza's lead-free package utilizes a post annealing process to mitigate tin whisker formation and is RoHS compliant per EU Directive 2002/95. This package is also manufactured with green molding compounds that contain no antimony trioxide nor halogenated fire retardants.



Symbol	Parameter	Units	Frequency	Min.	Typ.	Max.
G	Small Signal Gain	dB	850 MHz 1950 MHz 2400 MHz	12.3	13.9 12.6 12.2	15.1
P_{1dB}	Output Power at 1dB Compression	dBm	850 MHz 1950 MHz		18.1 17.8	
OIP_3	Output Third Order Intercept Point	dBm	850 MHz 1950 MHz		34.4 32.0	
Bandwidth	Determined by Return Loss (>10dB)	MHz			4500	
IRL	Input Return Loss	dB	1950 MHz		18.5	
ORL	Output Return Loss	dB	1950 MHz		13.1	
NF	Noise Figure	dB	1950 MHz		4.0	
V_D	Device Operating Voltage	V		3.6	4.0	4.4
I_D	Device Operating Current	mA		67	75	83
$R_{TH} \text{ (J-I)}$	Thermal Resistance (junction to lead)	$^{\circ}\text{C/W}$			97	
Test Conditions: $V_D = 8 \text{ V}$ $I_D = 75 \text{ mA Typ.}$ OIP_3 Tone Spacing = 1 MHz, P_{out} per tone = 0 dBm $R_{TH} = 51 \text{ Ohms}$ $T_c = 25^{\circ}\text{C}$ $Z_0 = Z_L = 50 \text{ Ohms}$						

The information provided herein is believed to be reliable at press time. Sirenza Microdevices assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. Sirenza Microdevices assumes no responsibility for the use of this information, and all such liabilities shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the devices described herein are granted or granted to any third party. Sirenza Microdevices does not authorize or warrant any Sirenza Microdevices product for use in life-support devices without express written consent. Copyright 2007 Sirenza Microdevices, Inc. All rights reserved.

303 Technology Court, Broomfield, CO 80021

Phone: (800) 8MI-MMIC

<http://www.sirenza.com>

SGA-6289

SGA-6289Z RoHS Compliant & Green Package

DC-4500 MHz, Cascadable
SiGe HBT MMIC Amplifier



Product Features

- Now available in Lead Free, RoHS Compliant, & Green Packaging
- Broadband Operation: DC-4500 MHz
- Cascadable 50 Ohm
- Operates From Single Supply
- Low Thermal Resistance Package

Applications

- PA Driver Amplifier
- Cellular, PCS, GSM, UMTS
- IF Amplifier
- Wireless Data, Satellite