



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESTUDOS DE ONDAS CEREBRAIS E SEUS DESENVOLVIMENTOS NA
NEUROCIÊNCIA: APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE**

Campina Grande-PB, 2009.

KLEBER BURITI DINIZ

**ESTUDOS DE ONDAS CEREBRAIS E SEUS DESENVOLVIMENTOS NA
NEUROCIÊNCIA: APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE**

*Trabalho apresentado ao Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina
Grande, em cumprimento parcial às
exigências para obtenção do Grau de
Engenheiro Eletricista.*

Campina Grande-PB, 2009.

KLEBER BURITI DINIZ

**ESTUDOS DE ONDAS CEREBRAIS E SEUS DESENVOLVIMENTOS NA
NEUROCIÊNCIA: APLICAÇÕES NA ÁREA DA SAÚDE**

*Trabalho apresentado ao Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina
Grande, em cumprimento parcial às
exigências para obtenção do Grau de
Engenheiro Eletricista.*

Data de Aprovação ____ / ____ / 2009.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luís Reyes Rosales Montero – Orientador - UFCG

Prof. Dr. Eurico Bezerra de Souza Filho – Componente da Banca - UFCG

À minha família e amigos, que me inspiram a ser sempre uma pessoa melhor e alcançar todos os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por guiar os meus caminhos durante todo o curso de graduação em Engenharia Elétrica.

Ao orientador, professor Luís Reyes Rosales Montero pelo apoio dado para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais que me deram condições de realizar meus sonhos.

À minha noiva, Larissa de Melo e Torres, que sempre me deu força para a conclusão desse curso.

Ao departamento de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em especial: Rosilda e Adail, sempre prontas para ajudar os estudantes.

A todos que não foram citados, mas que de qualquer forma contribuíram para a realização desta conquista.

RESUMO

Os avanços tecnológicos têm propiciado uma maior aplicabilidade de ondas sonoras no auxílio do tratamento de diversos infortúnios ligados à saúde humana. Observa-se cada vez mais o surgimento de novos aparelhos que prometem revolucionar a neurociência, tentando otimizar essa fantástica máquina, que é o cérebro humano. Este estudo se propõe a mostrar a teoria por trás de algumas dessas tecnologias, as aplicações de ondas sonoras de baixa frequência na saúde do ser humano, mostrar como funcionam as chamadas brain machines, como é feito o balanceamento cerebral, demonstrar como seria um modelo mais simples e eficaz de uma brain machine e deixar um embasamento teórico para trabalhos futuros. Para a elaboração do presente trabalho, a metodologia utilizada foi, exclusivamente, a pesquisa bibliográfica, com consultas em diversas obras e sites relacionados ao tema. Tiramos como conclusão deste trabalho que por mais avanços e estudos feitos sobre as ondas cerebrais, ainda não podemos efetuar um controle pleno sobre as mesmas, ainda não temos conhecimento suficiente da nossa capacidade cerebral. Podemos criar equipamentos que interagem com o nosso cérebro através de ondas sonoras, efeitos luminosos, elétricos, etc. Porém fica a sensação de estarmos lidando com uma máquina avançada demais para as nossas simples pretensões.

Palavras-chave: ondas sonoras, infra-som, intra-som, neurociência, brain machine, balanceamento cerebral.

1	Introdução	1
2	Ondas Sonoras de Baixa Freqüência	3
2.1	Infra-som	4
2.2	Intra-som	5
3	As Freqüências Cerebrais	7
3.1	Delta (0.5Hz – 4Hz)	7
3.2	Teta (4Hz – 8Hz)	8
3.3	Alfa (8Hz – 14Hz)	9
3.4	Beta (14Hz – 30Hz)	9
4	Comando Liga/Desliga do Cérebro	11
4.1	Eletrosonoterapia	13
4.2	Sintetizadores de Ondas Cerebrais	14
4.3	Fisiologia do Sono	16
5	Teoria por Trás do Gerador de Ondas Cerebrais	18
5.1	A Eletroencefalografia (EEG) e o estado do cérebro	18
5.2	Treinando o cérebro para um estado desejado	18
5.3	Estimulando o cérebro com freqüências de batidas bineurais	19
5.4	O efeito da freqüência audível utilizada	20
5.5	Estados cerebrais alterados	20
5.6	Ajudando na meditação	20
5.7	Reduzindo o tempo de aprendizado	21
5.8	Reduzindo a necessidade de dormir	21
5.9	Tratamento de certas doenças mentais	21
6	Gerador de Ondas Cerebrais	22
7	Multi Tone Generator	24
8	Balanceamento Cerebral	29
8.1	O que é o balanceamento cerebral?	29
8.2	Aplicações	30
8.3	Funcionamento	31
8.4	Passo a passo	33
8.5	Como é possível balancear o cérebro?	34
9	Modelo Proposto	36
9.1	Requisitos do projeto	36
9.2	Microcontrolador ADuC	37
9.3	Software	39
9.4	Hardware	40

Considerações Finais	42
Trabalhos Futuros	43
Referências Bibliográficas	44

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1- Estado Delta [1]</i>	7
<i>Figura 2- Estado Teta [1]</i>	8
<i>Figura 3- Estado Alfa [1]</i>	9
<i>Figura 4- Estado Beta [1]</i>	9
<i>Figura 5- Um aparelho comercial de eletrosonoterapia [2]</i>	13
<i>Figura 6- Aparelho de síntese de ondas cerebrais [2]</i>	16
<i>Figura 7 - Gerador de Ondas Cerebrais [3]</i>	22
<i>Figura 8- Opções de Programação [3]</i>	22
<i>Figura 9- Configurações do Gerador de Ondas Cerebrais [3]</i>	23
<i>Figura 10- Multi Tone Generator [4]</i>	24
<i>Figura 11- Opções de comandos no file do Multi Tone Generator [4]</i>	26
<i>Figura 12- Opções de formas de ondas do Multi Tone Generator [4]</i>	27
<i>Figura 13- Funcionamento de um cérebro de um paciente, visto na tela um computador [5]</i>	32
<i>Figura 14- Cérebro desbalanceado [5]</i>	33
<i>Figura 15- Cérebro balanceado [5]</i>	34
<i>Figura 16- Diagrama de caso de uso</i>	37
<i>Figura 17 - Diagrama em blocos do software</i>	39
<i>Figura 18- Diagrama em blocos do hardware</i>	41

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Classificação das frequências cerebrais</i>	_____	18
<i>Tabela 2- Check List</i>	_____	37

1 Introdução

A utilização de ondas sonoras de baixa frequência, no âmbito da saúde, tem aumentado cada vez mais e se atualizado com a chegada de novas tecnologias. Veremos, nesse trabalho, quais são essas novas tecnologias e quais são as doenças que elas têm ajudado no tratamento. Como é o caso dos geradores de ondas cerebrais, que são utilizados, entre outras coisas, no combate a insônia; é nesse tema que entra as chamadas brain machines, conhecidas também como sintetizadores de ondas cerebrais, que são aparelhos capazes de ampliar a capacidade de nosso cérebro, proporcionando vitalidade, descanso, aumento da memória e o fim da insônia.

Entretanto, para entendermos o funcionamento desses aparelhos, necessitamos compreender como é o funcionamento do nosso cérebro, principalmente no que está ligado às frequências cerebrais. Como se sabe, nossos neurônios estão continuamente passando seus sinais elétricos por todo o cérebro. Essas centelhas espalham-se através da superfície do cérebro como as ondas formadas por uma pedra jogada na água. Se esses sinais elétricos fossem faíscas todo o cérebro cintilaria sem parar, mesmo durante o sono.

Embora muito fracos, os sinais elétricos do cérebro podem ser medidos, mesmo através do crânio e da pele, com o auxílio de um aparelho especial. Para isso colocam-se fios na pele que captam os sinais e os transmitem para o aparelho. Ele, então, registra as correntes elétricas geradas no cérebro em forma de gráfico em uma fita de papel. Esse gráfico é chamado de eletroencefalograma - EEG.

Um EEG mostra que os sinais elétricos não são continuamente produzidos pelo cérebro, mas surgem em erupções curtas e regulares. Isso produz um padrão no EEG como uma série de ondas, chamadas "ondas cerebrais".

As ondas cerebrais mostram que o cérebro está sempre em atividade, mesmo quando estamos dormindo. O cérebro adormecido produz ondas grandes e vagarosas. Quando estamos acordados, mas relaxados, as ondas cerebrais são muito rápidas e menores. Atividades ou pensamentos profundos

produzem ondas agudas e denteadas. Daí, temos que as frequências cerebrais são classificadas em quatro estados: Delta (0.5Hz – 4Hz), Teta (4Hz – 8Hz), Alfa (8Hz – 14Hz) e Beta (14Hz – 30Hz). Sendo cada estado desse responsável por um estado da nossa mente.

Iremos mostrar, também, o funcionamento de um software gerador de frequências sonoras, chamado de Multi Tone Generator, e outro software gerador de ondas cerebrais o BrainWave Generator, dando ênfase a toda teoria por trás dos geradores de ondas cerebrais. Apresentaremos o funcionamento do método chamado de balanceamento cerebral, mostrando todos os seus benefícios.

Apesar de ser um tema amplo, procuraremos mostrar que o avanço tecnológico na área de ondas sonoras, propiciou e continua a propiciar grandes conquistas para a saúde do ser humano.

2 Ondas Sonoras de Baixa Freqüência

Procedimentos técnicos e científicos comprovados pela prática são empregados cada vez com mais freqüência e enorme sucesso no tratamento de inúmeras doenças. Dentre esses procedimentos, destaca-se a terapia através de ondas sonoras, que desempenha papel importante na moderna e avançada biomedicina.

O tratamento com ondas sonoras baseia-se nos fenômenos físicos de ressonância e produz uma ação natural e profunda sobre as células de todo tipo de tecido. Através dele, o metabolismo é estimulado, acelerando assim o processo de cura.

Há 30 anos o uso da terapia por ondas sonoras foi introduzido com sucesso na prática médica. A origem e idealização dessa terapia devem-se às pesquisas do professor Dr. Schliephake, que também é o criador da terapia por ondas-curtas (hipertermia). O método terapêutico consiste na aplicação local das ondas de baixa freqüência - no caso foi utilizado o intra-som - diretamente nas partes doloridas. O intra-som, ou som audível, é o nome atribuído às oscilações e ondas em matérias elásticas em um nível de freqüência entre 20 e 20.000 hertz, percebido pelo ouvido humano de acordo com sua composição como som, timbre ou ruído.

Se um corpo com capacidade oscilatória no estado sólido, líquido ou gasoso receber seguidamente pequenos impulsos na freqüência própria, começará a vibrar. Dessa forma, entra em ressonância e está em condições de conduzir ondas.

O mesmo é válido para as moléculas que compõem os tecidos do organismo humano. Se estas entram em contato com ondas sonoras, absorvem uma ínfima parte de energia destas ondas, sendo estimuladas a emitir fortes oscilações e a transmitirem esses impulsos a outras moléculas. Cada molécula tem sua própria freqüência. Essas partículas começam a emitir fortes vibrações e ficam em ressonância só quando entram em contato com oscilações da mesma freqüência.

Oscilações fazem parte da nossa existência; vivemos em um universo de oscilações. Elas podem ser perceptíveis ou imperceptíveis. Ao andarmos de carro, estamos sujeitos às vibrações do motor, aos movimentos do assento e também às reações das molas e amortecedores. Ao ouvirmos música, somos confrontados com altas e baixas frequências, bem como a escala de sons. No trabalho e no lazer, até no sono, estamos submetidos a oscilações. Essas oscilações forçosamente têm influência sobre o nosso corpo, que podem ser benéficas ou não, perceptíveis ou não.

Nosso corpo reage sensivelmente às oscilações sobre tendões, sistema nervoso, músculos, articulações e ossos. Está também sujeito às oscilações internas, como do sangue nas artérias, dos vasos sanguíneos sobre os tecidos vizinhos, das ações que o andar provoca na coluna vertebral e às vibrações da corrente de ar nas vias respiratórias. Em menor escala, as células de secreção que funcionam como suporte nos espaços intercelulares, e que conferem a cada tecido sua frequência ressonante própria, também estão oscilando ininterruptamente. As moléculas que compõem nossos órgãos, tecidos e células estão em constante oscilação, mesmo com o corpo em repouso e são, portanto, muito sensíveis a fatores externos.

A ação das oscilações depende da sua frequência, que significa velocidade com que o movimento de oscilação se repete. O som é subdividido de acordo com a sua frequência, sendo que o ouvido humano é utilizado como referência:

- abaixo de 20 hertz temos o infra-som;
- entre 20 e 20.000 hertz temos o intra-som que é percebido pelo ouvido humano;
- acima de 20.000 hertz temos o ultra-som.

Existe ainda outra classificação que se divide em:

- até 400 hertz, som de baixa frequência;
- de 500.000 até 3.000.000 hertz, som de alta frequência.

2.1 Infra-som

Infra-sons são ondas sonoras extremamente graves, com frequências abaixo dos 20 Hz, portanto abaixo da faixa audível do ouvido humano, que é de

20 Hz a 20.000 Hz. Ondas infra-sônicas podem se propagar por longas distâncias, pois são menos sujeitas as perturbações ou interferências que as de frequências mais altas.

Infra-sons podem ser produzidos pelo vento e por alguns tipos de terremotos. Os elefantes, por exemplo, são capazes de emitir infra-sons que podem ser detectados a uma distância de 2 km.

Foi pesquisado e comprovado que os tigres são os animais que tem a mais forte capacidade de identificar os infra-sons, e muitas pessoas acreditam que o rugido de um tigre é tão forte que tem o poder de imobilizar as pessoas. Porém, estudos comprovam que isso se deve ao infra-som, pois as frequências ultra-baixas ativam as áreas no cérebro ligadas ao medo, alerta e ameaças.

Também há mais de 50 anos estão pesquisando sobre uma arma de guerra utilizando apenas o infra-som, pois acredita-se que tem o poder de derrubar prédios e provocar a morte dos órgãos humanos. Hoje em dia já estão usando equipamentos sonoros com uma faixa, aproximadamente, de 120 decibéis na guerra do Iraque, pois o barulho é tão forte que provoca dor e assim as pessoas saem de tocas ou esconderijos.

Diferentes frequências de infra-som fazem vibrar diferentes órgãos humanos, algumas delas podem fazer vibrar os globos oculares de maneira que vultos se projetam freqüentemente na visão periférica. Com isso, temos uma excelente receita para uma visão de supostos fantasmas ou extraterrestres. Isso também foi constatado em locais onde há muitos relatos de aparições de fantasmas.

O infra-som pode ser gerado por correntes de ar em certos locais, normalmente construções antigas. Em vários locais considerados assombrados foi constatada a presença do infra-som que também pode causar dores de cabeça e mal estar.

2.2 Intra-som

Através do intra-som, a terapia das ondas sonoras de baixa frequência produz ondas sonoras que atuam entre 70 e 100 hertz, onde através da estimulação vertical nos locais de dor se obtém uma massagem profunda

exatamente no local onde o corpo está debilitado, ou seja, onde não possui mais resistência e força.

Por meio do intra-som, ocorre um crescimento acelerado de novas células, resultando assim no alívio das dores. Essa técnica realiza uma atividade mecânica, ou seja, uma massagem intensiva sobre o sistema nervoso, ossos, células, tecidos e circulação sanguínea, com ínfima alteração de temperatura e, através da aceleração das trocas metabólicas, serão aliviadas dores musculares e articulares. Esses efeitos são obtidos somente com a terapia de baixa frequência intra-som, que produz oscilações que atingem até 3 cm de diâmetro e 6 cm de profundidade; efeitos gerados pelos impulsos mecânicos e verticais de 100 hertz.

As ondas sonoras de baixa frequência intra-som merecem destaque principalmente no campo da lubrificação/cartilagem (articular), como nos casos de hérnia de disco e artroses em geral; onde através do efeito da massagem profunda com 100 hertz de frequência são constituídas novas células em um processo acelerado. Isso faz com que seja restabelecida a lubrificação articular, resultando na recuperação da energia e força do organismo, podendo assim, numa segunda etapa, partir para a estimulação da regeneração da cartilagem desgastada.

As indicações da terapia são para dores em geral, processos reumáticos, falta de lubrificação das articulações (artrose, hérnia de disco, etc.), artrites, osteoporose, tendinites, bursites, doenças respiratórias, cefaléias em geral, labirintites, paralisia facial, flebites, úlceras, estética facial (rugos), estética corporal (estrias e celulites) e drenagem linfática pós procedimento estético cirúrgico. Também apresenta resultados significativos no campo da acupuntura, através da aplicação direcionada nos pontos energéticos das ondas sonoras de baixa frequência.

3 As Freqüências Cerebrais

Através da eletroencefalografia (EEG), os estados de consciência dos seres humanos podem ser medidos e então objetificados. Apesar de ter uma grande complexidade, o cérebro humano segue normas que se repetem pelo órgão todo. O que a eletroencefalografia consegue fazer é ler os potenciais elétricos que são liberados pelos neurônios enquanto os mesmos mandam suas mensagens elétricas sobre o corpo da célula. Quando um grande número de neurônios libera eletricidade de mesma freqüência numa única área, geram um potencial suficiente para ser lido pelo eletrodo colocado no couro cabeludo.

A quantidade de neurônios usando uma certa freqüência para passar as suas mensagens definem a amplitude do potencial. Quando olhamos para um espectro de todas as freqüências que são lidas pela EEG e reparamos uma que tem amplitude predominante às outras, estamos vendo o potencial que guia a consciência daquele indivíduo naquele instante.

A conexão de uma freqüência cerebral com um estado perceptual vem com muita pesquisa a apoiando. Desde 1929, neurologistas, psiquiatras, anatomistas e engenheiros eletricitas trabalham juntos para criar um entendimento básico de consciência. Abaixo iremos mostrar, através da eletroencefalografia, como são classificadas as freqüências cerebrais de acordo com sua faixa de freqüência e quais são os estados cerebrais para cada uma delas.

3.1 Delta (0.5Hz – 4Hz)

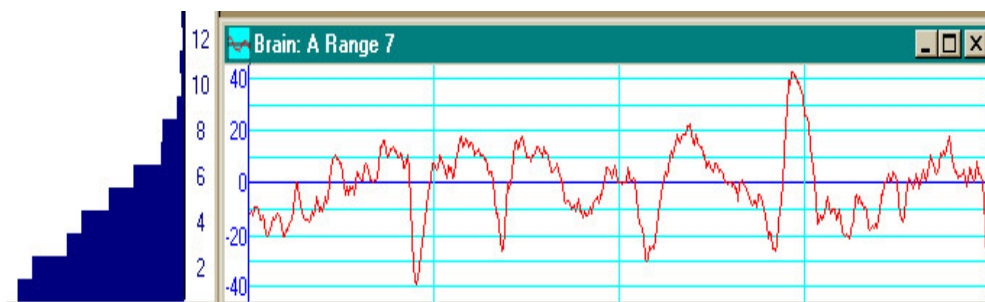


Figura 1- Estado Delta [1]

Observando o gráfico acima temos que cada linha vertical dessa faixa representa um segundo. Agora, escolhendo a faixa entre 1s e 2s, temos que a cada duas vezes que a forma de onda passa pelo meio contamos como uma onda. Nesse caso, contamos quatro ondas, então nesta faixa de tempo temos a predominância do estado delta.

O estado delta acontece quando a pessoa está em sono profundo, com a consciência completamente internalizada. Para o corpo, o estado delta serve como um estado regenerativo. Se uma pessoa tem uma predominância de delta enquanto acordada, ela vai ter dificuldade até mesmo de falar que está com muito sono, vai estar de uma maneira que parece desconectada com os acontecimentos ao seu redor.

3.2 Teta (4Hz – 8Hz)

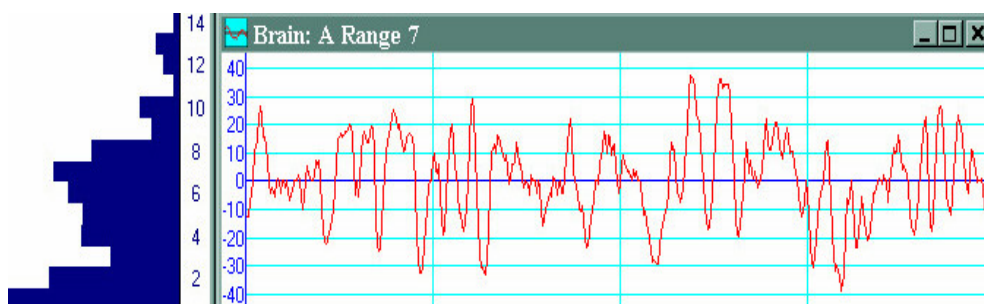


Figura 2- Estado Teta [1]

A forma de onda do estado teta é bastante parecida a do estado delta, as duas possuem uma área chapada no topo e são largas. A diferença é que no estado teta se consegue contar de quatro até oito ondas dentro de um segundo.

Nesse estado, o indivíduo pode estar sonolento ou em transe, dificilmente conseguirá manter uma conversa e olhar nos olhos da pessoa com quem está conversando. Teta é um estado criativo e também sem ponto de foco.

Pode acontecer de algumas pessoas ficarem gerando apenas o estado teta, isso ocorre, geralmente, por causa de uma falta de oxigênio carregado pelo sangue. Com níveis baixos de oxigênio o cérebro é forçado a operar em

baixas frequências. Essas pessoas podem ter problemas sociais e ter dificuldades de manter suas atividades.

3.3 Alfa (8Hz – 14Hz)

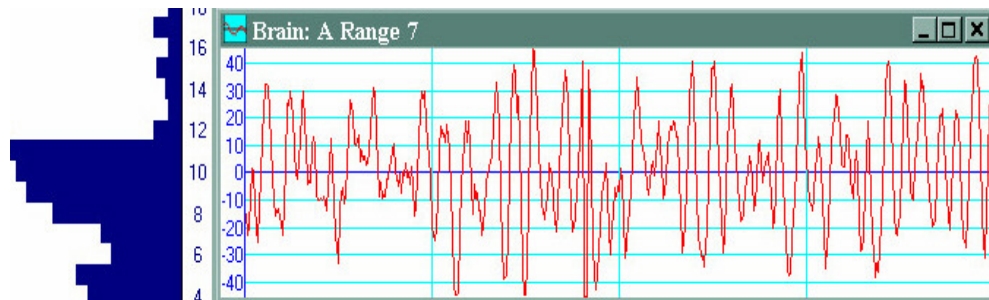


Figura 3- Estado Alfa [1]

Agora, no estado alfa, temos uma forma de onda lisa e estreita que cabe de oito até quatorze ondas num segundo. Nesse estado, o ser humano passa a ter conhecimento do que se passa ao seu redor, não se trata de um estado bastante ativo, porém, é nele que o nosso cérebro fica quando escutamos uma boa música, observamos uma bela paisagem, etc.

Entretanto, se uma pessoa gerar, quase que unicamente, esse tipo de frequência, ela terá problemas de desenvolver suas ações. Pode até ter idéias excelentes, mas faltará motivação para realizá-las. Mas vale salientar que é extremamente importante termos nossos momentos de estado alfa, pois é nele que podemos aliviar o stress do dia-a-dia e “recarregarmos” nosso cérebro, para sermos mais produtivos nos momentos de pressão.

3.4 Beta (14Hz – 30Hz)

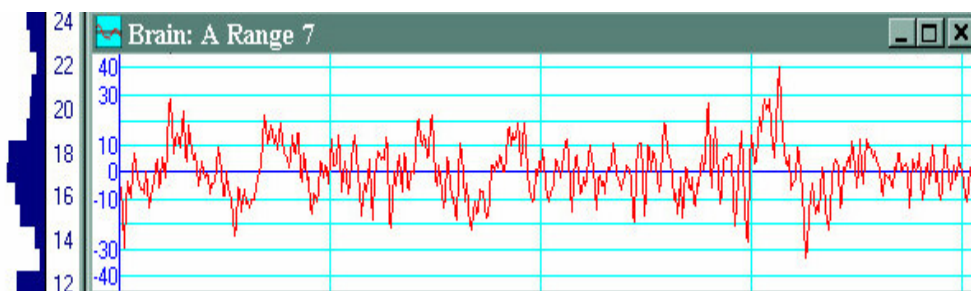


Figura 4- Estado Beta [1]

No estado beta o nosso cérebro passa a trabalhar em ritmo elevado, portanto devemos estar gozando de boa saúde, com boa circulação sanguínea, elevada oxigenação no sangue, taxas regulares de glicose, enfim, todo o aparato necessário para nos mantermos nesse estado cerebral sem que venhamos sofrer com o desgaste que ele provoca.

Mesmo assim, para manter o estado de beta, os neurônios entram em poliritmos, ou seja, em vez de todos mandarem sua carga no mesmo instante, vários grupos menores despertam em cadeias ou correntes, sem um pulso central. O eletrodo acaba lendo muitas ondas por segundo enquanto, realmente, há várias ondas mais lentas tocando em sinfonia.

Em beta, conseguimos observar os detalhes que compõem um projeto, conseguimos fazer nossas atividades escolares; qualquer coisa que precise de um planejamento prévio, linguagem e números vamos estar em beta, enfim, quando estamos concentrados em algo ou estudando, estamos no estado beta.

Quando o estado beta predomina, e não está igualado pela presença de alfa no espectro, a sensação é desagradável. É como se estivéssemos preocupados e não conseguíssemos parar de nos preocupar. Os pensamentos nos afligem e ficamos ansiosos. O indivíduo que sofre de depressão também tem esse mesmo padrão cerebral geral.

4 Comando Liga/Desliga do Cérebro

Nosso cérebro possui um comando de liga/desliga, mas isso não quer dizer que o nosso cérebro pode ser desligado e não executar suas funções vitais, o que acontece é que podemos estimular a desaceleração do seu ritmo de trabalho a tal ponto de conseguirmos alcançar o sono profundo. Para compreender melhor este comando é necessário conhecer alguns estudos da neurofisiologia, um exemplo disso é sabermos como se comunicam os Sistemas Operativos Neurais (SON) e os protocolos de comunicação.

Sabe-se que a forma de envio deste comando é por ondas de radiofrequências da ordem de 100Hz, 30 % acima da frequência máxima de operação do sono profundo. Denomina-se de neuroprotocolos os protocolos de comunicação dos neurosistemas. Para gerar este tipo de sinal, precisa-se da geração de sinais do tipo luminoso, pulsos elétricos, choques, ou ondas sonoras de frequência de 100Hz para simular o sinal gerado pelo cérebro, com a finalidade de “avisar” a todos os SON que desativem ou desliguem suas atividades durante a presença deste sinal, alcançando assim, o sono profundo. Porém, para conseguir que todos os SON sejam desativados o tempo médio é de trinta minutos.

A grande descoberta dos códigos ou protocolos de comunicação do cérebro entre os grandes sistemas operativos neuronais, pode ser confirmada a partir dos estudos da estimulação eletroterapêutica transcraniana, que hoje é utilizada como eletrosonoterapia.

O comando mais importante que todos os seres vivos possuem e todos os dias ele ocorre automaticamente quando alcançamos o sono profundo, é o que permite desligar o SON, este comando será denominado de *comando desligado*. Este comando foi criado para que se produza a limpeza, a regeneração, a manutenção e atingir o completo repouso das células e dos sistemas operacionais neuronais. Foram realizados 103 estudos científicos no campo da neurofisiologia com seres humanos e 18 com animais, que demonstraram a eficácia e segurança da comunicação entre o sistema neuronal central e os diferentes SON, este estudo também nos mostra que o cérebro ainda não encontrou uma solução para o autodestravamento de alguns

SON que entram em loop neuronal, comumente conhecida como ansiedade ou stress; além do desligamento diário através do sono. Pessoas que não conseguem chegar ao sono profundo podem provocar os loop neuronais, que podem levar ao caos neuronal ou a estafa e, posteriormente, a loucura.

O comando de destravamento artificial foi obtido através de estudos da eletrosonoterapia, ele atua como comando externo de destravamento de algum SON que entrou em loop neuronal. Estudos científicos envolvendo a eficácia no tratamento da ansiedade comprovaram que a estimulação elétrica cerebral diminui a atividade muscular, registrada através de eletromiograma; diminui a frequência das ondas cerebrais, registradas pelo eletroencefalograma; aumenta a temperatura periférica; diminui a secreção gástrica; a pressão arterial; a frequência cardíaca e a respiração. Todas essas mudanças também ocorrem no sono natural e são benéficas para o relaxamento no caso de stress e ansiedade.

Não se sabe, exatamente, como se dá a ação da eletrosonoterapia no sistema nervoso central. Geralmente, acredita-se que ela seja mediada primariamente por uma ação direta das ondas elétricas sobre o sistema límbico, o hipotálamo e a formação reticular. Especula-se também que a eletrosonoterapia possa exercer seu efeito através da ação sobre o sistema nervoso parassimpático, através da estimulação de vários nervos cranianos. Estudos com animais na década de noventa, revelaram que a estimulação elétrica promove um aumento de mais de três vezes no nível de endorfinas, após um único tratamento, e também um aumento do neurotransmissor dopamina nos gânglios basais. Esses dois fatores estão envolvidos na bioquímica cerebral das emoções e do prazer. As endorfinas atuam como uma espécie de "morfina" natural do cérebro, e os receptores cerebrais das endorfinas seriam os responsáveis pelas sensações prazerosas provocadas por drogas desta classe.

Várias doenças nervosas e mentais podem ser tratadas através do uso deste comando artificial de destravamento mediante a combinação de geradores de pulsos elétricos, visuais e de áudio que produzem relaxamento e controle de aferência. Ela surgiu como uma união entre duas tecnologias já conhecidas a bastante tempo de estimulação cerebral externa, que são:

- Eletrosonoterapia, também chamada de estimulação eletroterapêutica transcraniana, que usa ondas elétricas;
- Sintetizadores de ondas cerebrais, que utilizam pulsos de som e luz.

4.1 Eletrosonoterapia

A eletrosonoterapia foi desenvolvida a partir da descoberta que a aplicação externa de ondas elétricas de determinada frequência e amplitude provocam artificialmente uma deaferentação sensorial ao agirem sobre algumas estruturas cerebrais. As ondas elétricas geralmente são ministradas na forma de pulsos retangulares, com uma frequência de 100 por segundo, e uma duração de cada pulso de 1ms. A intensidade raramente excede um miliampere (mA). Outro nome dado à eletrosonoterapia é "estimulação eletroterapêutica transcraniana".

A técnica foi desenvolvida na Rússia, em 1949, e é amplamente utilizada em muitos países para promover relaxamento corporal e mental e deaferentação, que pode levar ao sono (daí o seu nome). Por isso, uma de suas indicações é a insônia crônica e persistente. No entanto, a eletrosonoterapia também tem indicações para o tratamento da ansiedade, depressão, dependência de drogas, amnésia pós-traumática (perda de memória), etc.



Figura 5- Um aparelho comercial de eletrosonoterapia [2]

Na figura acima temos um exemplo de um aparelho de eletrosonoterapia, o mesmo é composto de uma central, que emite as ondas eletromagnéticas adequadas, e de dois cabos com quatro pólos (positivos e negativos), afixados a eletrodos auto-adesivos que são colocados em uma área logo atrás das orelhas do paciente. Também podem ser usados eletrodos que se prendem aos pavilhões auditivos. O paciente é colocado deitado de costas em um local confortável, em ambiente sem estímulos sonoros ou luminosos, e o aparelho é ligado.

Após certo tempo começa a se notar um relaxamento do tônus muscular e sonolência. Alguns pacientes podem então adormecer logo em seguida, mas o tratamento da insônia recomenda que a aplicação seja feita até três horas antes de ir dormir. As sessões de estimulação normalmente duram de vinte a trinta minutos e são aplicadas entre três a sete vezes por semana.

A eletrosonoterapia se diferencia dos demais processos de indução de perda de consciência, como o uso de medicamentos específicos (hipnótico-sedativos), hipnose induzida, etc., pelo seu mecanismo de ação mais natural, e por sua ação terapêutica mais profunda e prolongada, assim como pela ausência dos efeitos tóxicos e das sensações desagradáveis. Sua principal função é a chamada "intensificação da inibição protetora do córtex cerebral".

Sabe-se que, desde os tempos de Ivan Pavlov (fisiologista russo que descobriu o reflexo condicionado no começo do século XX), o sono é um tipo de inibição das funções neurais que se propaga por todo o córtex (tecido nervoso que recobre a parte mais externa dos hemisférios cerebrais), essa inibição se propaga, posteriormente, para as camadas mais profundas do cérebro. Assim, uma das hipóteses mais antigas da neurofisiologia é que essa extensa inibição tenha como objetivo exercer uma espécie de "efeito protetor" sobre as células nervosas de todas as regiões que afeta, de modo a permitir-lhes uma recuperação pelo repouso.

4.2 Sintetizadores de Ondas Cerebrais

Em meados da década de trinta foram realizadas as primeiras pesquisas científicas sobre os efeitos da luz e do som sobre o cérebro, quando cientistas

descobriram que os ritmos do cérebro tendiam a assumir o ritmo de uma luz piscante, num processo chamado de *condicionamento cerebral*. Porém, desde a década de vinte, com a descoberta de que é possível registrar a atividade elétrica do cérebro através de eletrodos externos e de um aparelho denominado eletroencefalógrafo (inventado pelo médico holandês Berg), sabe-se que os níveis de sono, sonho e alerta são associados a ondas cerebrais com frequências diferentes (como visto anteriormente).

As pesquisas sobre os sintetizadores de ondas cerebrais tiveram um grande impulso no final dos anos quarenta, quando o neurocientista britânico W. Gray Walter usou um estroboscópio e um equipamento de EEG avançado, para investigar o que chamou de “fenômeno de tremulação”. Ele descobriu que luzes piscando ritmicamente alteravam rapidamente a atividade das ondas cerebrais, produzindo estados semelhantes ao transe de relaxamento profundo. Ele ficou surpreso que o piscar das luzes alterava a atividade das ondas cerebrais do córtex inteiro ao invés de apenas associadas à visão. Atualmente, essa propriedade da indução visual estroboscópica é utilizada clinicamente para detectar crises epiléticas durante exames de eletroencefalografia, e se sabe que certos tipos de epiléticos podem sofrer crises ao serem estimulados por luzes piscantes na frequência de 8Hz a 10Hz, causadas por fenômenos como luzes estroboscópicas em discotecas, ou videogames.

Com base nesse conhecimento sobre o condicionamento externo da atividade elétrica cerebral, diversos pesquisadores desenvolveram equipamentos capazes de estimular o cérebro com pulsos luminosos e auditivos rítmicos, e começou-se a investigar seus efeitos sobre o nível de vigília, consciência, relaxamento, etc. Dependendo se queremos estimular ou deprimir o sistema neuronal central, usa-se combinações diferentes de frequências, geralmente, após cerca de 10 minutos, a atividade elétrica cerebral entra em fase com o ritmo desses estímulos. Assim, esse mecanismo permite a mudança do nível de consciência de forma passiva, sem exercício específico, e rapidamente.



Figura 6- Aparelho de síntese de ondas cerebrais [2]

Os aparelhos de síntese de ondas cerebrais (também chamados de Brain Machines) mais comuns são formados por uma central microcomputadorizada, que produz as seqüências repetitivas de som e de luz em diversas combinações (programas). Esses aparelhos podem ter diferentes complexidades, dependendo do número de programas fixos e da capacidade de receber programações novas.

O tipo mais comum desses aparelhos permite cinco programas básicos que podem ser combinados com dez ritmos diferentes, gerando até 50 programas. O paciente recebe os estímulos através de um par de fones de ouvido (programação sonora), e de um óculos que contém oito diodos luminescentes em sua face interna.

4.3 Fisiologia do Sono

Do ponto de vista neurofisiológico, sabe-se que os principais eventos que acontecem durante o sono são:

- **Deaferentação:** este é um termo que significa perda, ou "desligamento" das aferências do sistema nervoso, ou seja, o bombardeio constante de informações neurais vindas do exterior, através dos órgãos sensoriais, como visão, audição, olfato, gosto, tato, dor, pressão, temperatura,

sensações profundas dos músculos, etc., que deixam de atingir o córtex cerebral e não são mais percebidas conscientemente;

- **Perda da consciência:** todas as atividades conscientes, como auto-percepção, vigília, atenção, pensamento, linguagem, cognição, etc., que são em grande parte realizadas pelo córtex cerebral, também são desativadas durante o sono.

O surgimento desses dois fenômenos ocorre, principalmente, como resultado da modificação da atividade de uma estrutura cerebral chamada Formação Reticular Ascendente (FRA), que é um conjunto de núcleos e fibras que ocupa parte do tronco encefálico, uma das partes mais basais e primitivas do nosso cérebro. A FRA recebe conexões derivadas de praticamente todos os grandes sistemas sensoriais do cérebro, e bombardeia, por sua vez, de forma contínua, o córtex cerebral, mantendo sua atividade.

Na indução do sono, a FRA diminui sua atividade consideravelmente, e inicia impulsos inibidores que vão promover a deaferentação. Isso ocorre por diversos fatores, como cansaço, ciclo dia-noite, e até acúmulo de algumas substâncias químicas no sangue (é quando "sentimos sono", como se diz popularmente). Desta forma, a FRA funcionaria como uma espécie de "portão" sensorial, como especifica a teoria mais conhecida, elaborada pelos neurologistas Melzack e Wall na década de setenta.

No mecanismo do sono, estão envolvidos dois importantes núcleos do tronco encefálico: os *núcleos da rafe* e o *locus coeruleus*. Os núcleos da rafe possuem dois componentes, situados na ponte e no bulbo cerebral. Os núcleos da ponte são inibidores do despertar, agindo no diencéfalo e no córtex. Já os núcleos da rafe do bulbo têm uma ação mais tardia, aparecendo no controle dos movimentos dos olhos. A propagação desses impulsos acaba por atingir o locus coeruleus caracterizando o sono profundo com sonhos.

Depois de certo tempo de sono, esses impulsos inibidores começam a diminuir, dando abertura para que os estímulos sensoriais comecem novamente a ativar a formação reticular ascendente, o diencéfalo e córtex ocasionando assim o despertar.

5 Teoria por Trás do Gerador de Ondas Cerebrais

5.1 A Eletroencefalografia (EEG) e o estado do cérebro

Como visto anteriormente, a tecnologia da eletroencefalografia (EEG) é usada para medir as vibrações elétricas do cérebro a partir da superfície do couro cabeludo. O resultado padrão da EEG irá conter elementos freqüenciais, em sua maioria, abaixo de 30Hz. Vimos também que as freqüências são classificadas em quatro estados:

Estado	Faixa de Freqüência	Estado da Mente
Delta	0.5Hz – 4Hz	Sono profundo
Teta	4Hz – 8Hz	Sonolência
Alfa	8Hz – 14Hz	Relaxado, mas alerta
Beta	14Hz – 30Hz	Altamente alerta e concentrado

Tabela 1 - Classificação das frequências cerebrais

A freqüência dominante na EEG determina o que será chamado de estado atual do cérebro. Por exemplo, se a amplitude da faixa de freqüência alfa é maior, o cérebro recebe a ordem de permanecer no estágio alfa. Note que outras freqüências ainda existem e é impossível dar a “exata freqüência em que o seu cérebro está operando”.

5.2 Treinando o cérebro para um estado desejado

Se um estímulo externo é aplicado ao cérebro, torna-se possível mudar a freqüência do cérebro de um estado para o outro. Por exemplo, se o indivíduo está no estado beta (totalmente alerta) e um estímulo de 10Hz é aplicado ao seu cérebro por algum tempo, a freqüência do cérebro tende a

mudar para a frequência aplicada. O efeito será relaxante para o mesmo. Esse fenômeno é também chamado de *resposta em seguida da frequência*.

Quando o estado do cérebro está próximo ao do estímulo aplicado, o treinamento funciona de forma mais eficiente. Assim, ao mudar de uma frequência para outra, a frequência inicial deve estar o mais próximo possível do estado atual do seu cérebro. A velocidade da mudança deve ser de tal maneira que o estado do seu cérebro mude continuamente com ela, para que a diferença nunca fique muito grande. Na prática, é difícil determinar o estado do seu cérebro sem equipamento extra (como aparelhos EEG). No entanto, Você pode tranquilamente supor que durante o dia o seu cérebro está no estágio beta (mais ou menos 20Hz) e você pode começar a mudança de frequência daí. Se você já está um pouco relaxado, pode usar a frequência inicial de 15Hz, ou alguns hertz abaixo.

5.3 Estimulando o cérebro com frequências de batidas binaurais

O jeito mais fácil de aplicar estímulos no cérebro é através da audição. Outros sentidos também podem ser utilizados, e a visão é até bastante usada (muitas vezes juntamente com a audição). No entanto, os humanos não podem ouvir sons baixos o suficiente para serem úteis na estimulação do cérebro, então técnicas especiais devem ser usadas. E uma dessas técnicas é chamada de *batidas binaurais*.

Se ao ouvido esquerdo é apresentado um tom estável de 500Hz, e ao direito um tom estável de 510Hz, esses dois tons se combinam no cérebro. A diferença, 10Hz, é percebida pelo cérebro e é uma maneira muito efetiva de estímulo para o treinamento de ondas cerebrais. Esses 10Hz são formados inteiramente pelo cérebro.

Ao utilizar fones de ouvido, os sons dos lados direito e esquerdo não se misturam até que estejam em seu cérebro. A diferença da frequência, quando percebida pelo cérebro desta maneira, é chamada de *batida binaural*.

5.4 O efeito da frequência audível utilizada

Para conseguir um estímulo de 10Hz, você pode usar tons de 500Hz e 510Hz, ou 400Hz e 410Hz, ou 800Hz e 810Hz, e assim por diante. A única exigência é que o tom seja ouvido suficientemente bem e que seja abaixo de 1000Hz. Isso, porque abaixo de 1000Hz, o comprimento de onda do crânio é suficientemente pequeno, assim as ondas sonoras podem encurvar ao seu redor.

Você pode tentar tons audíveis diferentes com o Gerador de Ondas Cerebrais e ver quais funcionam melhor pra você.

5.5 Estados cerebrais alterados

Como mencionado acima, aplicar estímulos ao cérebro pode, eventualmente, deixar o estado do cérebro mais próximo ao da frequência aplicada. Os parágrafos seguintes descrevem alguns possíveis efeitos disto. Note, no entanto, que apenas escutar as batidas binaurais passivamente não necessariamente altera seu estado de consciência. Por exemplo, vontade e habilidade para relaxar e prestar atenção afeta o quão efetivo o estímulo binaural é para induzir mudanças de estado.

5.6 Ajudando na meditação

A meditação é, basicamente, o método com o qual o indivíduo, voluntariamente, consegue alterar sua frequência cerebral para um estado desejado. Enquanto meditadores levam vários anos para aprender as técnicas de meditação, podemos agora atingir o mesmo efeito com o treinamento de ondas cerebrais. Não é necessário nenhuma grande disciplina ou treinamento especial. Boas frequências de meditação estão no alcance alfa, de 8Hz a 13Hz.

Quando certo estado de ondas cerebrais é experimentado e praticado por um período de tempo, o cérebro irá “aprender” o estado modificado e se tornará mais fácil de se auto-produzir o estado de ondas cerebrais desejado voluntariamente. Assim, utilizando o treinamento de ondas cerebrais, você

pode conseguir algum desses efeitos posteriormente, mesmo sem o treinamento.

5.7 Reduzindo o tempo de aprendizado

O estágio teta (4Hz – 7Hz) consegue aumentar a capacidade de aprendizagem. De fato, crianças passam mais tempo no estágio teta que adultos, o que provavelmente explica a sua capacidade acelerada de aprendizagem.

Freqüências alfa também são úteis para questões de aprendizagem, podemos utilizar vídeos de linguagens, fitas subliminares, etc. durante uma sessão de treinamento de máximo efeito.

5.8 Reduzindo a necessidade de dormir

Algumas pessoas acham que meia hora por dia de estágio teta é capaz de substituir até quatro horas de sono. Portanto, podemos utilizar o gerador de ondas cerebrais para alcançar o estado teta e relaxarmos de tal forma que não sentiremos falta de algumas horas de sono.

5.9 Tratamento de certas doenças mentais

O treinamento de ondas cerebrais é usado em tratamentos de depressão, baixa auto-estima, déficit de atenção, vícios em drogas e álcool e autismo, para citar alguns exemplos. O mesmo também mostrou ajudar a aliviar dores de cabeça e enxaquecas.

6 Gerador de Ondas Cerebrais

Vimos no capítulo anterior a teoria por trás de um gerador de ondas cerebrais, já nesse capítulo iremos mostrar um exemplo desse tipo de gerador que pode ser utilizado pelo computador. Para usar o BrainWave Generator, mostrado na figura abaixo, necessita-se apenas de um computador e de fones de ouvido.

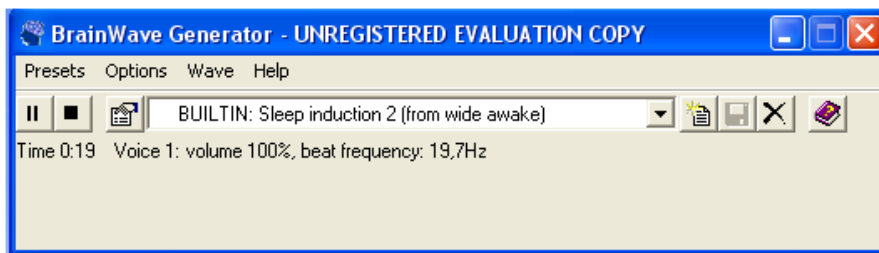


Figura 7 - Gerador de Ondas Cerebrais [3]

Esse gerador de ondas cerebrais possui comandos de play, pause e stop; mostrador de tempo; mostrador de volume e frequência. Além do mais, o usuário pode escolher a programação que desejar, podendo ser: a busca por uma maior concentração, aumento da criatividade, relaxamento, indução do sono, etc. Os benefícios de sua utilização já foram descritos anteriormente, sua principal diferença das brain machines convencionais é o fato de se tratar de um gerador de ondas cerebrais de fácil acesso e utilização. O usuário pode, também, alterar suas configurações atuais, deletá-las e até acrescentar novas programações.

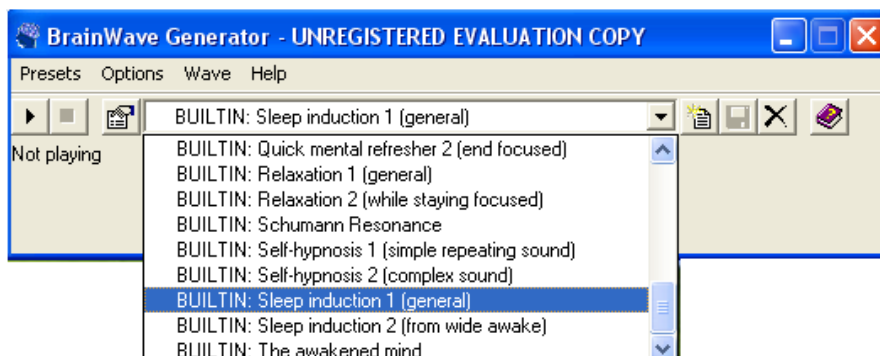


Figura 8- Opções de Programação [3]

Na figura abaixo, observamos as configurações do BrainWave Generator para a programação de indução ao sono, são mostrados gráficos da frequência das batidas binaurais e do volume. Além do mais, é possível modificar as configurações de ruído e forma de onda.

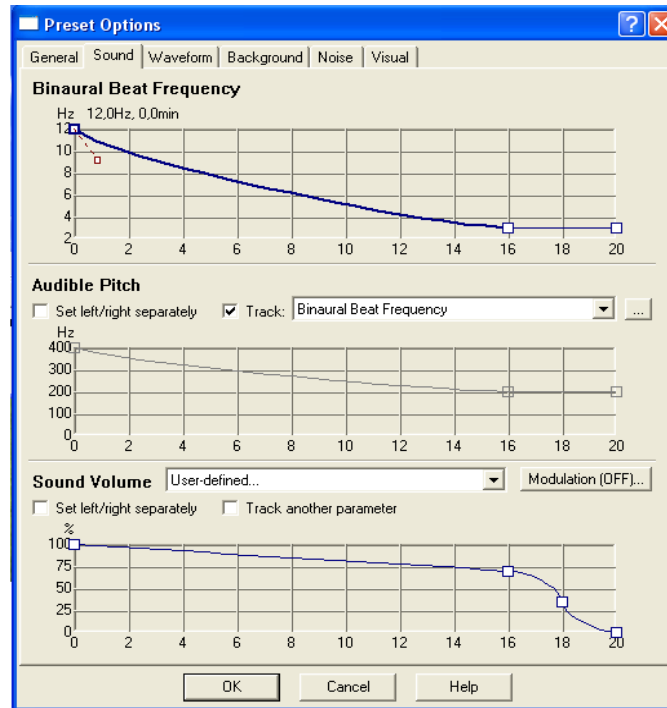


Figura 9- Configurações do Gerador de Ondas Cerebrais [3]

7 Multi Tone Generator

O Multi Tone Generator é um software gerador de freqüências sonoras para testes ou demonstrações, efeitos, educação, e outros propósitos. Trabalha com cinco formatos de ondas (senoidal, quadrada, triangular, ruído branco e ruído rosa). Sua janela principal é mostrada na figura abaixo:

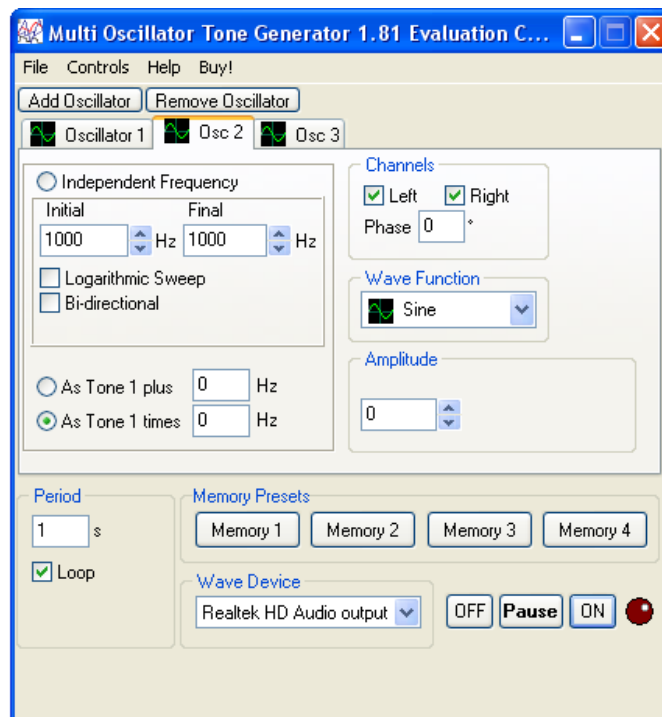


Figura 10- Multi Tone Generator [4]

Como se pode observar, o Multi Tone Generator possui diversos comandos em sua janela principal, os quais são descritos a seguir:

- **Add Oscillator:** Adiciona um oscilador a mais ao sinal, até o máximo de 25. O sinal de todos os osciladores é adicionado no sinal final. O sinal de cada oscilador é feito em uma escala de um n-th do nível total (0 dBFS) para evitar sobrecarga/corte digital;
- **Remove Oscillator:** Remove o último oscilador;
- **Independent Frequency:** Aqui se fixa a freqüência do sinal. A freqüência máxima é a metade da taxa de amostra (fixa em ajuste de

compatibilidade), também chamada de frequência Nyquist. Isso é um limite de frequência superior intrínseco ao áudio digital;

- **As Tone 1 plus [] Hz:** Pega o valor instantâneo do primeiro oscilador e adiciona [] Hz;
- **As Tone 1 times [] Hz:** Pega o valor instantâneo do primeiro oscilador e multiplica por [] Hz;
- **Initial and Final Frequency:** Aqui se fixa o início da varredura e frequência final. Você pode varrer para cima ou para baixo, dependendo de qual dos dois for o valor maior;
- **Logarithmic Sweep:** Habilita a frequência de varredura mudar logaritmicamente;
- **Bi-directional Sweep:** Quando essa característica é habilitada, a frequência varre nas duas direções entre a frequência inicial e final quando o sinal está laçado;
- **Amplitude:** Fixa a amplitude (nível de saída) do sinal gerado. 0dBFS é o nível de saída máximo e representa a saída digital total;
- **Wave Form:** Escolhe-se a forma de onda do sinal gerado aqui. Você pode escolher a forma senoidal, a forma quadrada, triangular e ruído branco. Ruído branco é um sinal que contém quantidades iguais de energia em toda banda de frequência (espaço linear) entre 0 Hz e metade da frequência de amostra e é particularmente útil para a análise de frequência linear FFT;
- **Period:** É onde se ajusta o período do tom, em segundos;
- **Loop Play:** Gera um sinal infinitamente longo para um tom constante ou laça a varredura;
- **Channels (Mono / Left / Right / Phase):** Troca os canais individuais liga e desliga e ajusta a fase esquerda vs. direita. Deve-se sempre ajustar isso para estéreo se você quiser salvar sinais para colocá-los em CD, já que CDs são sempre estéreos e nem todo software consegue converter para estéreo. Gerar sinais mono poupa potência de processamento e pode ser a única opção possível para computadores lentos;
- **Output Device:** Essa opção realmente se aplica se o usuário tiver mais de um sistema de som instalado em seu computador. Usuários

registrados podem escolher o sistema de som que é usado para produzir o sinal;

- **OFF / Pause / ON:** Esses são botões clássicos Liga/Desliga e Pausa; o usuário pode ligar e desligar o sinal aqui. O botão de pausa é útil para iniciar o sinal sincronizado. Aperte pausa, depois liga, assim os buffers internos serão preenchidos, mas o programa não vai começar a tocar um som ainda. Depois aperte pausa de novo, e a produção começa imediatamente; você pode usar o botão pausa como a pausa de um tocador de fitas clássico: pressione pausa primeiro, e então liga, assim os buffers serão preenchidos. Se você pressionar pausa de novo, ele irá começar, instantaneamente, a tocar;
- **Memory-Buttons:** Pressionando esses botões o usuário pode voltar para as configurações de varredura que o mesmo tenha armazenado anteriormente. Por padrão, o início de configuração do programa está armazenado aqui.

Além desses comandos, o Multi Tone Generator, possui as seguintes opções de comandos em seu arquivo (file):

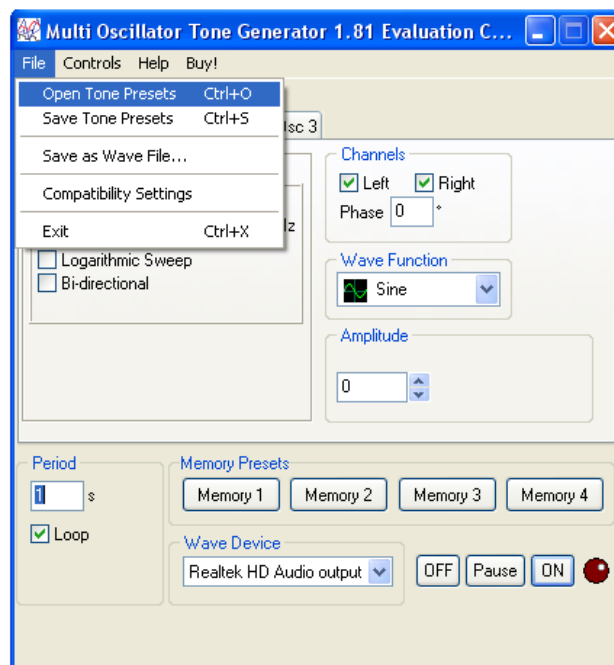


Figura 11- Opções de comandos no file do Multi Tone Generator [4]

- **Open Tone Presets:** Configurações de memória salvas anteriormente podem ser abertas aqui;
 - **Save Tone Presets e Save as Wave File:** Serve para salvar as configurações de tons em um arquivo. Isso é útil, por exemplo, se o usuário tem testes padrão que ele usa regularmente;
 - **Compatibility Settings:** As configurações de desempenho são desenvolvidas para ajudar o usuário a gerar tons em um ótimo nível de qualidade para a performance do seu computador. Quanto mais rápido for o computador, maior é a qualidade do som e 'responsabilidade' do controle enquanto estiver tocando um tom.
 - **Exit:** Sair do programa.
- O Multi Tone possui, também, as seguintes opções de formas de ondas:

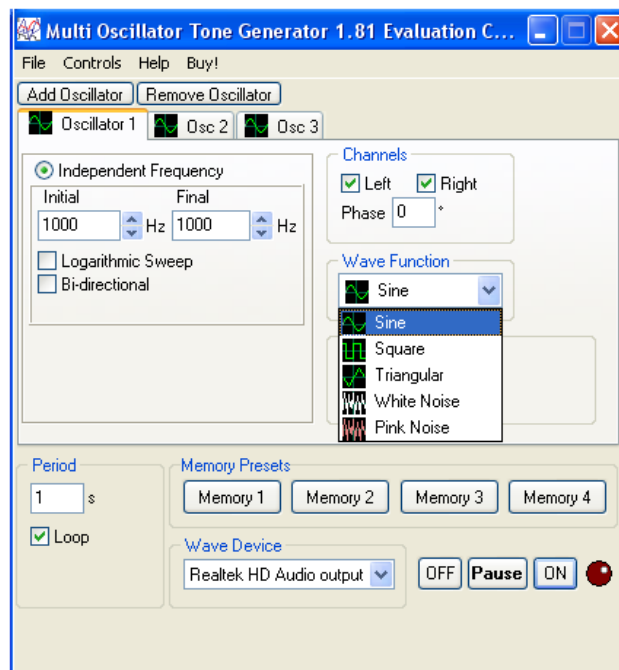


Figura 12- Opções de formas de ondas do Multi Tone Generator [4]

As mais conhecidas são:

- **Senoidal;**
- **Quadrada;**
- **Triangular.**

As outras duas opções são:

- **White noise (ruído branco):** Chamado assim como um equivalente à cor branca, que contém uma mistura igual de todas as cores do espectro, o mesmo contém uma mistura igual de todas as frequências, que na realidade são limitadas pelo sistema de largura de banda. O ruído branco é aleatório na natureza e não se correlata com ele mesmo; no ruído branco estéreo os dois canais são totalmente independentes um do outro. O ruído branco contém energia igual em todas as frequências através do sistema de largura de banda, qualquer banda x Hz larga contém a mesma potência. Esse ruído é útil para eliminar distorção quantitativa audível, para síntese de músicas e efeitos de áudio em geral;
- **Pink noise (ruído rosa):** Esse sinal é muito utilizado para testar alto-falantes e estabelecer a equalização. Se o usuário usar um equalizador e um analisador que usa bandas n -th oitavas (tipicamente $n=1, 3, 6, 12$ ou 24), ele deve usar o ruído rosa. O mesmo possui uma característica logarítmica e representa o psicótico-acústico equivalente ao ruído branco filtrado para a natureza do ouvido humano (o modelo de banda crítico). Ele também é similar à distribuição de energia da música, então pode ser usado para testar a durabilidade de um alto-falante. A definição de ruído rosa é que a energia em qualquer banda n -th oitavo é igual através de todas as bandas, então o ruído aparece plano no analisador de banda n -th oitavo. No analisador com a largura de banda em Hertz (linear) o ruído rosa parece cair (ou baixar) em 3dB por oitavo.

8 Balanceamento Cerebral

O balanceamento cerebral foi desenvolvido pelo Dr. Paulo Faria, quando o mesmo foi se especializar em condicionamento cerebral e EEG espectral na Europa, a princípio ele pretendia apenas melhorar o desempenho de executivos e a performance de atletas, porém ele passou a pensar na possibilidade de aplicar aquela abordagem em casos de doenças. Daí surgiu a descoberta da necessidade de elaboração de um programa de estimulação sensorial controlada e exercícios para cada situação apresentada. Dessa forma, duas pessoas com patologia similar, por exemplo, precisariam de programas totalmente diferentes, uma vez que existe uma correlação direta entre o tipo, a localização e intensidade de cada disfunção cerebral.

O método de balanceamento cerebral, concretizado enquanto prática desde o ano de 2002, permite determinar, através da análise espectral, as áreas de maior ou menor atividade no cérebro, bem como a intensidade de suas disfunções. A partir dessa avaliação, é possível buscar a estimulação adequada e exata para balancear ou equilibrar a área do cérebro responsável pela disfunção apresentada.

O processo de balanceamento cerebral é feito através de um equipamento que combina um EEG-biofeedback espectral digital e um dispositivo de estimulação sensorial auditiva, visual e vestibular, totalmente controlados por computador.

As aplicações vêm obtendo resultados extremamente positivos e animadores em casos de distúrbios das mais diversas naturezas. Entre outros, os distúrbios da aprendizagem (principalmente a dislexia e déficit de atenção), síndrome do pânico, doenças degenerativas, alcoolismo e lesões neurológicas causadas por falta de oxigenação do cérebro e por traumatismos.

8.1 O que é o balanceamento cerebral?

Trata-se de uma metodologia não invasiva, sem utilização de medicamentos e com resultados significativos na abordagem de desordens

cerebrais e desequilíbrios psicofísicos, que visa melhorar as condições de funcionamento e desempenho do cérebro, tanto de pessoas sem comprometimento aparente como de pessoas portadoras de disfunções neurológicas por causas diversas.

É um tratamento reeducativo, que tem por objetivos despertar, recuperar e desenvolver funções cerebrais adormecidas ou prejudicadas por algum fator que tenha comprometido o funcionamento adequado do cérebro e conseqüentemente inúmeras funções físicas e mentais, que podem alterar diretamente o equilíbrio emocional. É realizado através da estimulação sensorial controlada.

O grau de recuperação é variável, dependendo diretamente da localização, do tipo e da gravidade da lesão, bem como da participação ativa do paciente no processo de recuperação, através da execução de atividades e exercícios especificamente recomendados para cada caso. Os inúmeros casos atendidos têm evidenciado melhoras físicas e mentais em todas as situações onde a lesão foi causada por falta de oxigênio no cérebro e/ou por trauma - tanto físico quanto emocional.

8.2 Aplicações

São inúmeras as aplicações do balanceamento cerebral e podemos classificá-las como terapêuticas e não terapêuticas. As não terapêuticas visam melhorar o desempenho intelectual, a concentração e o desenvolvimento de habilidades especiais ligadas ao desempenho profissional. Já as aplicações terapêuticas visam despertar, melhorar ou recuperar alguma função cerebral comprometida, como acontece nos casos de AVC (derrame, isquemia), crises convulsivas, atrasos de desenvolvimento cognitivo e motor, etc.

Pessoas com algum grau de desequilíbrio ou lesão cerebral buscam os recursos do balanceamento cerebral para:

- Tratar de distúrbios de aprendizagem, particularmente dislexia e falta de atenção;

- Tratar seqüelas neurológicas causadas por traumatismos crânio-encefálicos e acidente vascular cerebral;
- Amenizar seqüelas das síndromes degenerativas causadas por desmielinização neuronal.

Pessoas sem comprometimento cerebral aparente buscam os recursos do balanceamento cerebral para:

- Tratar de distúrbios psicossomáticos;
- Tratar de distúrbios de ansiedade não especificados;
- Tratar da doença do pânico;
- Tratar da síndrome do estresse pós-traumático.

8.3 Funcionamento

Como se sabe o cérebro está sempre em atividade, mesmo durante períodos de repouso, relaxamento e sono. A cada instante, o cérebro busca se ajustar para coordenar cada uma das tarefas e afazeres do organismo humano, e nesse processo de auto-regulação constante é possível acompanhar o desempenho cerebral como um todo ou em partes, em uma ou em várias funções desempenhadas - raciocínio lógico, matemática, relaxamento, leitura, tomada de decisão, etc. O cérebro produz na verdade, uma espécie de codificação através da emissão de ondas para cada tipo de atividade com a qual nos envolvemos.

A análise desses complexos códigos elétricos do cérebro torna possível verificar a existência de desequilíbrios entre suas diversas áreas (por exemplo: área frontal X área occipital) ou entre os hemisférios direito e esquerdo. Esse é o ponto fundamental do processo de balanceamento cerebral que, através do EEG espectral, permite determinar a localização do desequilíbrio e qual a sua intensidade. A partir dessa verificação, é possível buscar a estimulação adequada e precisa para balancear ou equilibrar a área do cérebro responsável pela disfunção apresentada.

Para atingir o processo de balanceamento cerebral empregam-se as facilidades da tecnologia, através da utilização de um sistema computadorizado (uma combinação de neurofeedback digital e um dispositivo para estimulação

sensorial controlada). Trata-se de um sistema eletrônico controlado por computador, que utiliza a produção das ondas cerebrais (através do EEG espectral) para controlar precisamente a entrada de estímulos sensoriais (auditivo, visual e vestibular) no cérebro. O sistema possui também recursos avançados de biofeedback para auxiliar o paciente a perceber suas atividades cerebrais em tempo real, o que pode ajudar a acelerar o processo de balanceamento cerebral.

Isso significa dizer que é possível melhorar ou amenizar inúmeras disfunções psicofísicas e proporcionar ao paciente uma melhor qualidade de vida. As descobertas e os resultados desse trabalho abrem uma nova perspectiva para os campos da reabilitação, da saúde mental, da aprendizagem e do treinamento esportivo e organizacional. Abaixo, temos o funcionamento do cérebro de um paciente visto, na tela de um computador, em tempo real:

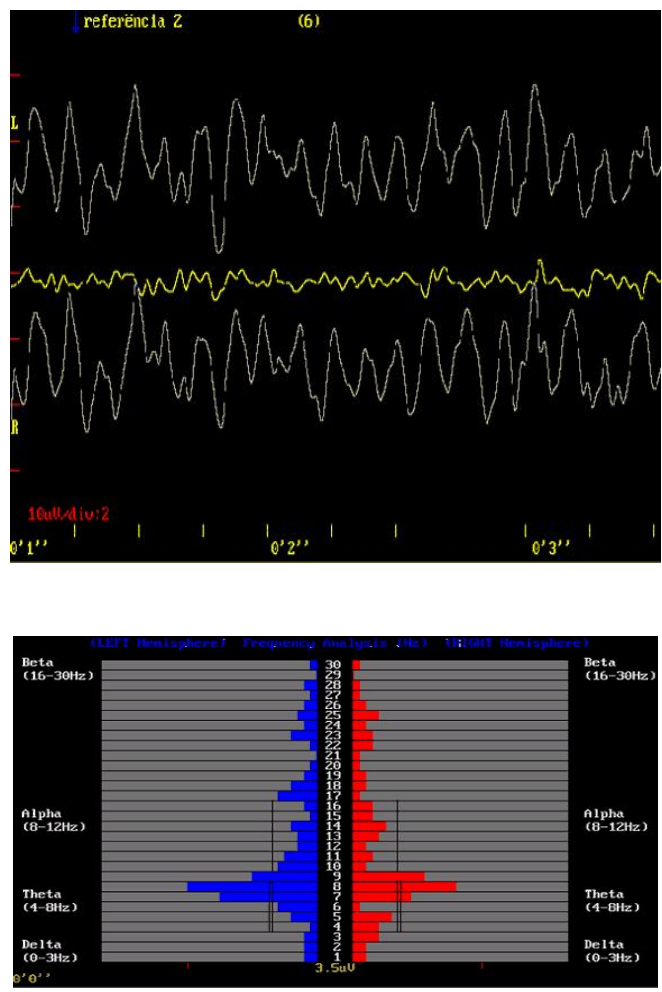


Figura 13- Funcionamento de um cérebro de um paciente, visto na tela um computador [5]

8.4 Passo a passo

1. Primeiramente é realizada uma avaliação através do EEG espectral, conectando-se pequenos sensores descartáveis ao paciente, para visualizar as atividades cerebrais na tela do computador. Essa avaliação tem por objetivo determinar as áreas cerebrais de maior e menor atividade;
2. Depois é utilizada a estimulação sensorial controlada para proporcionar determinadas frequências e sincronizar as principais partes do cérebro. O programa adequado a ser utilizado é baseado nos resultados do primeiro EEG espectral – Neurofeedback;
3. Exercícios de biofeedback são realizados para permitir ao usuário perceber suas próprias frequências e o balanceamento entre os dois hemisférios cerebrais;
4. Por fim, é realizado um segundo EEG espectral - Neurofeedback - para comparação com o EEG anterior e para medir o efeito e os resultados da sessão. Esse EEG é utilizado para determinar os parâmetros de ajuste das próximas sessões de estimulação sensorial controlada.

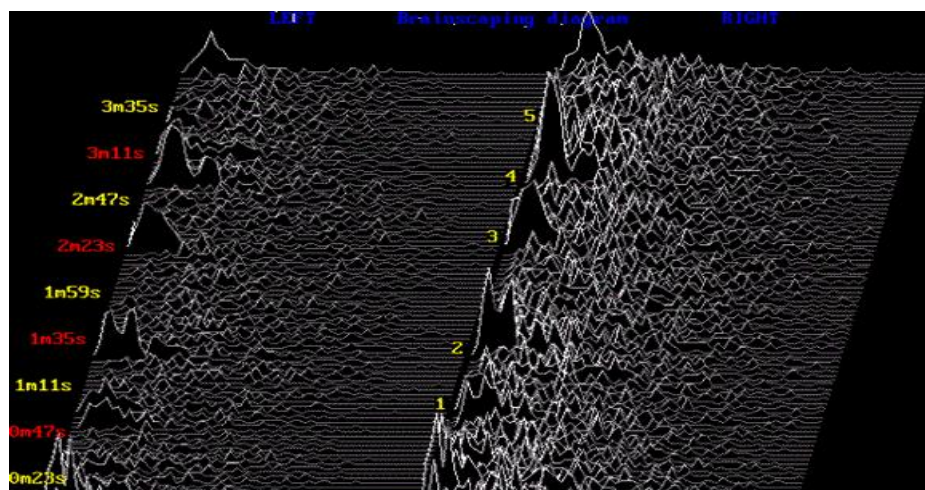


Figura 14- Cérebro desbalanceado [5]

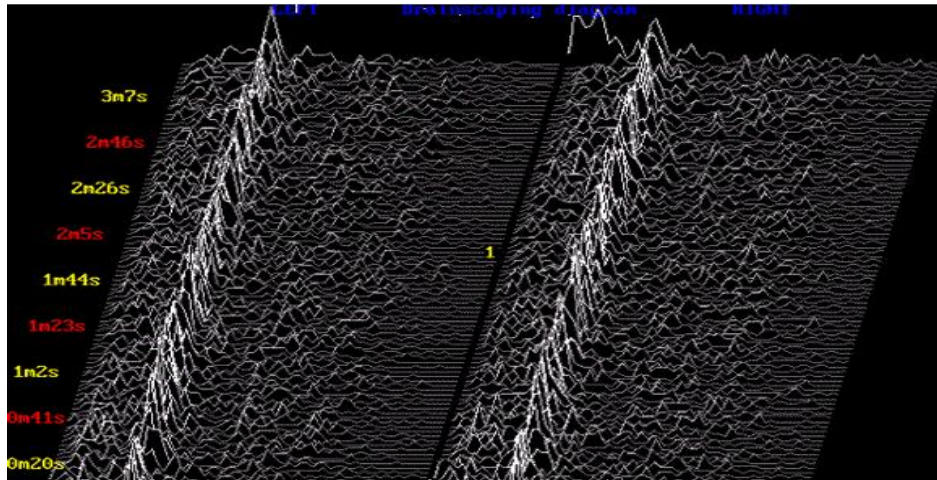


Figura 15- Cérebro balanceado [5]

8.5 Como é possível balancear o cérebro?

O cérebro é particularmente sensível a estímulos sensoriais especialmente sincronizados, que quando o atingem nas proporções adequadas e coerentes, faz com que os neurônios busquem continuar a produzir esse mesmo padrão rítmico (gerando o fenômeno de bio-retroalimentação).

Na maioria das situações patológicas, é possível obter a condição de balanceamento cerebral, pois quase sempre o desequilíbrio é apenas elétrico, constituindo somente uma situação de mau funcionamento dos neurônios. Em situações onde ocorreram lesões físicas definidas, pode ser possível obter o balanceamento cerebral (dependendo da intensidade, da localização e do tipo de lesão), pois ao ser lesada fisicamente uma área do córtex, imediatamente ocorre uma "reação" natural por parte do cérebro para suprir as funções desempenhadas pelos neurônios da área lesada. Essa ação compensadora do cérebro é também traduzida como diferença em seu equilíbrio elétrico de funcionamento, claramente perceptível na análise espectral (EEG – Neurofeedback).

Tudo isso acontece graças aos fenômenos conhecidos como "trofismo" e "plasticidade cerebral" (que constituem as maiores evidências da capacidade adaptativa do sistema nervoso central) e por contar, o cérebro, com uma

enorme reserva de células nervosas que podem entrar em ação, assumindo e realizando as funções dos neurônios lesados.

O cérebro humano trabalha com altíssima reserva neuronal. Dessa forma, quando o cérebro recebe os estímulos sensoriais corretos, uma imensidão de neurônios recobra seu funcionamento normal e um outro grande número é despertado para novas tarefas, em caso de lesões físicas.

O balanceamento cerebral só se tornou possível após a determinação precisa e proporcional das frequências elétricas emitidas pelo cérebro, em suas diversas áreas, durante a realização de atividades específicas.

Portanto, o balanceamento cerebral é obtido ao se estimular, com precisão, as inúmeras áreas do cérebro com as frequências exatas que compensam o desequilíbrio constatado através da EEG espectral - Neurofeedback. Tal avaliação indica o percentual das frequências emitidas nos dois hemisférios, e possibilita configurar um sistema eletrônico controlado por computador, capaz de gerar a ativação neuronal através de estimulação sensorial controlada (estímulos visual, auditivo e vestibular), o que leva o cérebro tender a entrar em estado de balanceamento de maneira natural e não invasiva.

9 Modelo Proposto

Visto anteriormente todo o funcionamento e os modelos de sintetizadores cerebrais existentes no mercado, pretendemos, nesse capítulo, mostrar como seria o projeto de um desses equipamentos, porém de forma mais simples. Seria um modelo compacto, microcontrolado, com um teclado mais simples, menor custo e de fácil utilização pelo usuário. No decorrer deste capítulo mostraremos mais informações de como seria esse sintetizador de ondas cerebrais.

9.1 Requisitos do projeto

Primeiramente, devemos definir os requisitos do sistema, os quais deverão ser alcançados com a confecção do equipamento. Para isso, temos na tabela abaixo os requisitos para o equipamento proposto apresentados de forma simples através de um check list.

Nome	Sintetizador de Ondas Cerebrais SP
Objetivo	Fazer com que as ondas cerebrais entrem em ressonância com as ondas sonoras emitidas pelo aparelho
Entradas	Teclado, sinal provindo dos eletrodos e porta serial para interligação com um computador
Saídas	Mostrador de cristal líquido (<i>display LCD</i>), fones de ouvido
Funções	Receber os sinais cerebrais provenientes dos eletrodos e mostrá-los na tela de um microcomputador, receber a programação a ser utilizada e mostrá-la no display, emitir as

	ondas sonoras de acordo com a programação
Desempenho	Realizar o balanceamento cerebral com o acompanhamento do usuário
Tamanho e peso	Suficientes para ser transportado com facilidade por uma pessoa

Tabela 2- Check List

As funcionalidades do sistema, que definem o que o equipamento deve realizar, assim como as ações que o usuário pode executar, são ilustradas através do diagrama de caso de uso da figura abaixo:

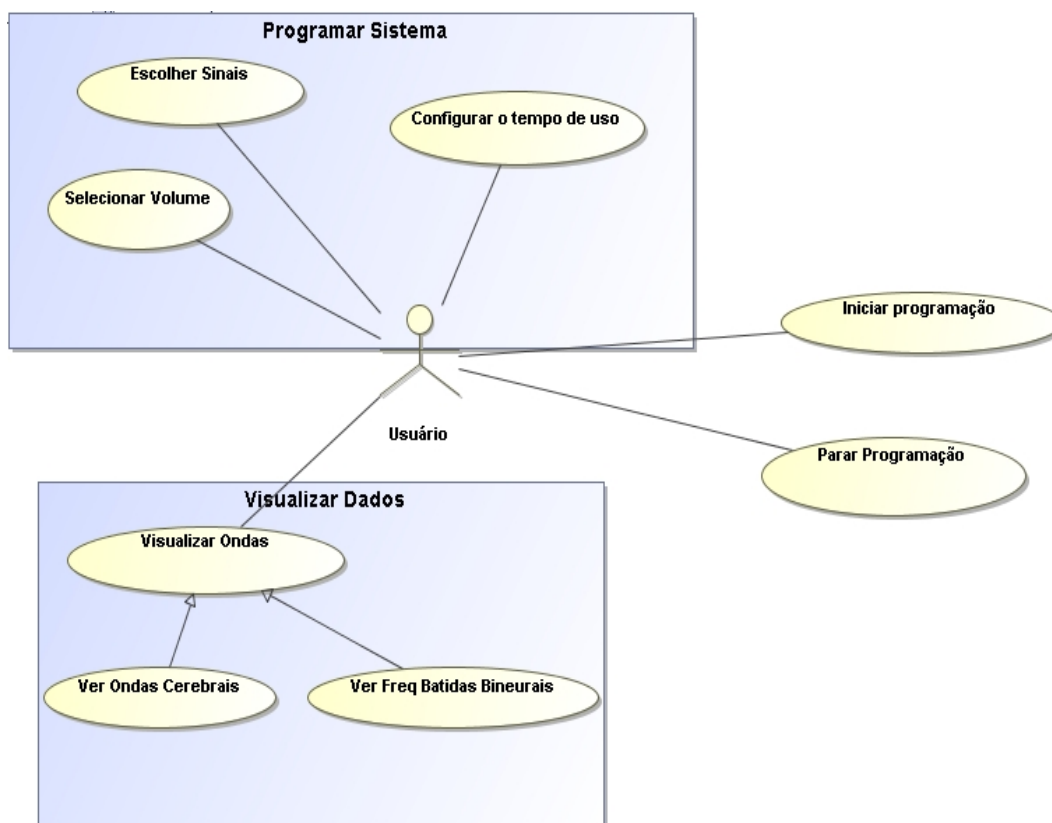


Figura 16- Diagrama de caso de uso

9.2 Microcontrolador ADuC

O Aduc foi o microcontrolador escolhido para o projeto devido a duas razões principais: sua programação pode ser gravada na própria placa, diferentemente do PIC, por exemplo; e por conhecer pessoas da UFCG que

trabalham com este microcontrolador, facilitando assim meu acesso a ele caso fosse implementar o projeto. Porém, devemos obter algumas informações do Aduc para podermos seguir adiante.

O microcontrolador Aduc é fabricado pela Analog Devices e pode ser dividido em duas famílias de acordo com sua arquitetura interna. A família 800 possui uma arquitetura já bastante utilizada e conhecida que é a arquitetura 80C52 da Intel. E a família 7000 contém uma arquitetura ARM.

Os microcontroladores ADuC foram inicialmente desenvolvidos para sistemas de instrumentação, incorporando recursos de processamento de informação analógica, por isso recebem a denominação de microconversores pela Analog Devices. Porém, a aplicabilidade destes microcontroladores é bastante variada.

O ADuC 841 é o microcontrolador mais rápido da família 800, podendo processar até 20 MIPS (mega instruções por segundos), suas principais características são :

- 8 canais de conversores A/D de 12 bits;
- frequência de amostragem do conversor A/D de até 420 kSamples/segundos;
- 2 conversores D/A de 16 bits;
- 3 timers;
- 32 pinos de entrada e saída de uso geral (GPIO);
- memória RAM de 2 kBytes;
- memória programa de 64 kBytes.

A configuração dos periféricos é feita de maneira bastante simples, apenas modificando o valor dos registradores referentes ao periférico. A programação pode ser feita utilizando linguagem Assembly e C.

9.3 Software

Para o projeto da nossa *brain machine* ou sintetizador de ondas cerebrais, devemos ter um modelo de software de acordo com o diagrama em blocos ilustrado abaixo:

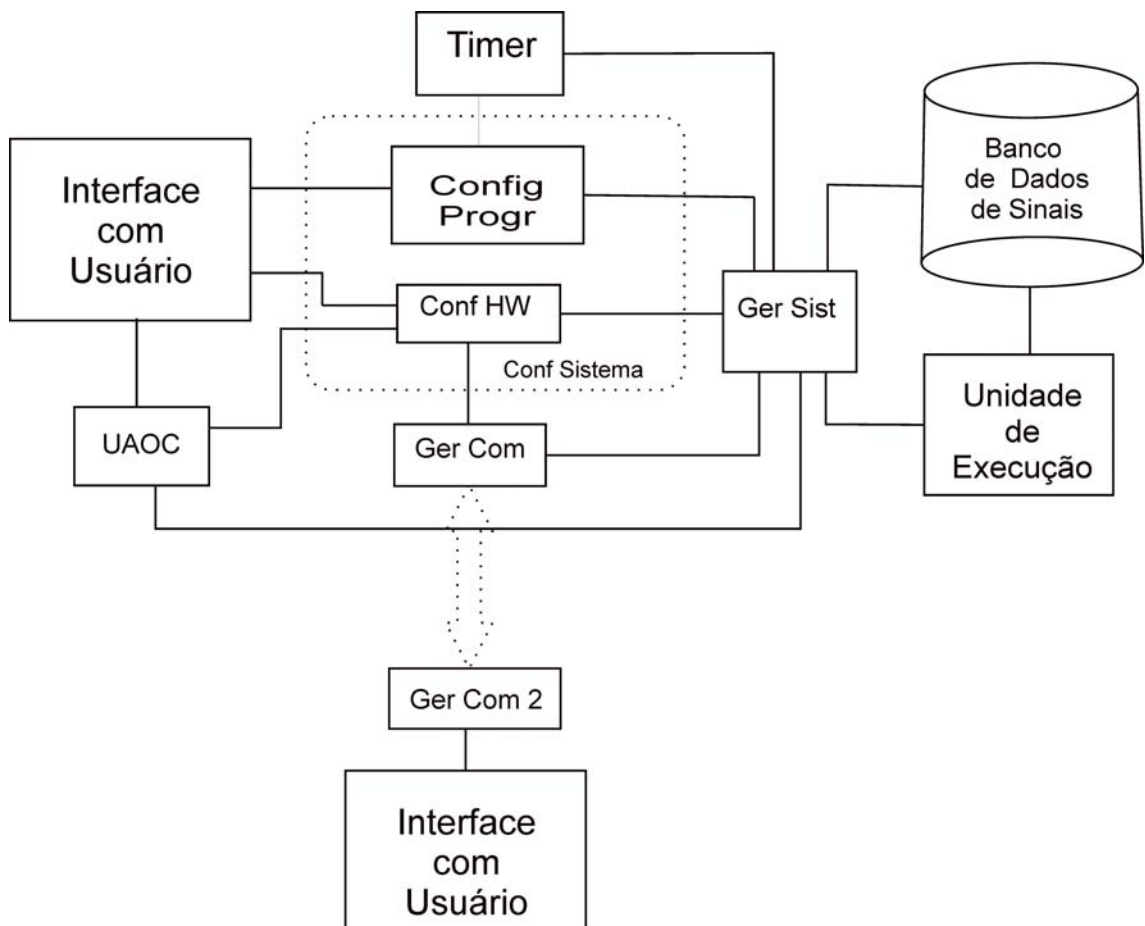


Figura 17 - Diagrama em blocos do software

Então, temos a **interface com o usuário**, que pode ser um microcomputador, que servirá para que o usuário possa monitorar sua frequência cerebral através de eletrodos e de um programa de osciloscópio instalado no próprio microcomputador, e também instalar novas programações no aparelho. Precisamos também de um **gerenciador de comunicação**, que irá gerenciar o protocolo de transferência de dados. A **unidade de aquisição de ondas cerebrais (UAOC)** é responsável por interpretar o sinal que vem dos eletrodos e colocá-lo na interface.

O **configurador de hardware** irá realizar as funções de controle de volume, ligar e desligar o aparelho, escolha de programação, etc. Por isso, o mesmo deve estar interligado com a interface, com a unidade de aquisição de ondas cerebrais e o gerenciador de sistemas. O configurador de hardware deverá estar incluso na configuração do sistema, junto com o **configurador de programação**, que será responsável pela escolha da programação, ou seja, o que o usuário irá escutar, podendo ser uma programação para induzir o sono ou aumentar a concentração, por exemplo. O **timer**, como o nome já diz, será responsável pelo tempo que o aparelho vai ficar funcionando, desligando-o automaticamente ao atingir o tempo estipulado pelo usuário. Para isso, ele deve estar interligado com o **gerenciador de sistemas**, que gerencia as informações recebidas e as envia para o banco de dados ou para a unidade de execução.

O **banco de dados de sinais** serve, basicamente, para armazenar as formas de ondas, aumentando, assim, a rapidez do sistema, pois, ao modificar a programação, ele irá guardar aquela forma de onda já calculada, evitando que, ao se utilizar novamente essa programação, seja necessário efetuar novos cálculos. A unidade de execução receberá as informações do gerenciador de sistemas e do banco de dados e executará os comandos do usuário.

9.4 Hardware

A idéia seria a utilização de um microcontrolador capaz de gerar ondas sonoras a uma frequência que o usuário pudesse escolher, tendo a possibilidade de programar o tempo que gostaria de ouvir esse som. Para isso sugerimos a utilização do microcontrolador **ADuC841**, onde, de acordo com a figura abaixo, teríamos os **eletrodos** conectados a um **circuito de condicionamento**, o qual seria responsável por adequar o sinal para o ADuC, pois o AD do ADuC recebe de 0V até 5V quando a tensão de referência é externa, já se for interna essa faixa será de 0V à 2.5V. Portanto, para colocar o sinal nessa faixa de valores, tirar os ruídos e amplificar o sinal torna-se necessário colocarmos um circuito de condicionamento.

Também podemos conectar um **display** e um **teclado** em suas portas paralelas, tendo o teclado a finalidade de digitar a programação a ser ouvida, alterar o volume, digitar o tempo de execução, ligar e desligar o aparelho. Já o display mostraria essas informações.

O ADuC841 possui uma **porta serial**, onde poderia ser conectado um computador, com a finalidade de se poder gravar diversas programações com utilidades diferentes para o usuário e realizar uma interface com o mesmo, mostrando suas ondas cerebrais e se elas estão reagindo ao tratamento efetuado de acordo com a programação escolhida. Caso o usuário deseje utilizar a entrada USB de seu microcomputador, teríamos a opção de utilizar um conversor Serial/USB conectando-o ao ADuC.

Em sua saída **DA** se conectaria um **amplificador**, e dele para uma caixa de som ou um fone-de-ouvido. O ADuC841 possui também um Time Interval Counter, que pode ser programado para interromper a geração de áudio no tempo que o usuário desejar, como se fosse a tecla *sleep* de uma televisão.

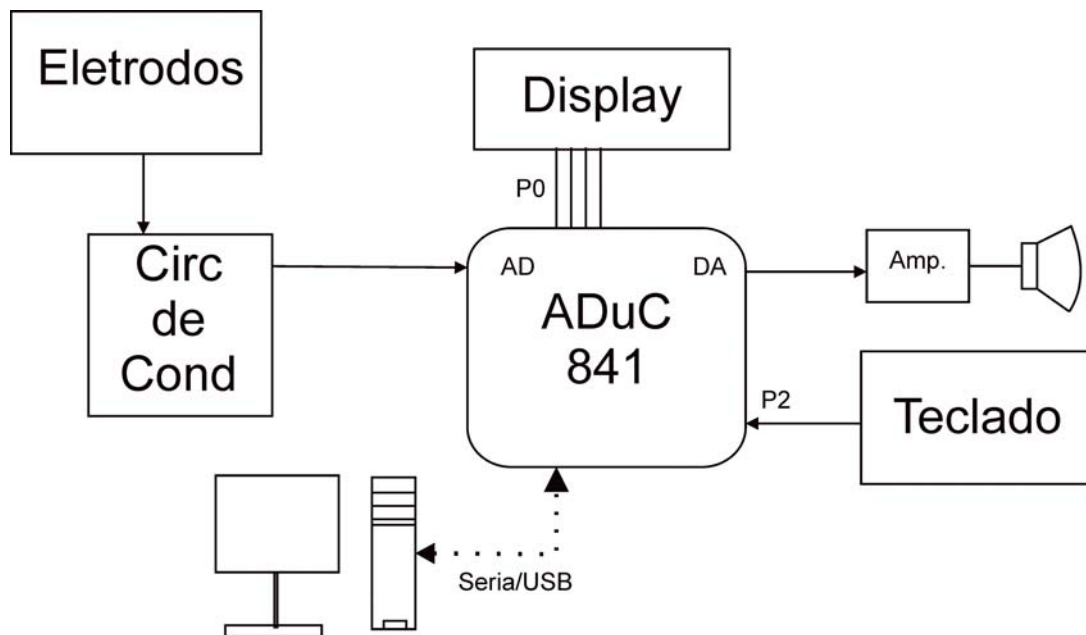


Figura 18- Diagrama em blocos do hardware

Considerações Finais

O objetivo principal do trabalho foi mostrar as utilizações das ondas sonoras de baixa frequência no âmbito da saúde, mostrando que se pode obter melhoras em diversas enfermidades utilizando métodos ou aparelhos que utilizem esses tipos de ondas. Nesse trabalho adquirimos conhecimentos sobre quão complexo é o funcionamento do nosso cérebro e como podemos aumentar sua eficiência.

Vimos que as ondas sonoras de baixa frequência são classificadas em: infra-som (abaixo de 20 hertz) e intra-som (entre 20 e 20.000 hertz). Vimos também que as frequências cerebrais são classificadas em quatro estados: Delta (0.5Hz – 4Hz), Teta (4Hz – 8Hz), Alfa (8Hz – 14Hz) e Beta (14Hz – 30Hz). E que, através de estímulos externos, podemos alcançar qualquer um desses estados.

Obtivemos o conhecimento teórico do funcionamento e das vantagens das chamadas *brain machines*, ou sintetizadores de ondas cerebrais. Também tivemos conhecimento do que é e para que serve a técnica de balanceamento cerebral. Mostramos o modelo de um sintetizador de ondas cerebrais com características um pouco diferentes dos que já existem no mercado, demonstrando que através de um microcontrolador, como o ADuC, podemos montar um equipamento mais simples e com mais funções.

Enfim, tivemos todo o embasamento teórico para que em trabalhos futuros possamos desenvolver novas técnicas ou novos produtos relacionados aos benefícios das ondas sonoras de baixa frequência.

Trabalhos Futuros

- Projeto de uma Brain Machine;
- Estudo de novas técnicas de treinamento das ondas cerebrais;
- Utilizar o CI 4060 para gerar ondas sonoras com frequências que possam ser utilizadas no combate a insônia;
- Desenvolver e estudar novas utilidades para as ondas sonoras de baixa frequência;
- Desenvolver novos estudos sobre o balanceamento cerebral;
- Formular novos trabalhos sobre a eletrosonoterapia;
- Trabalho sobre a interface cérebro-computador;
- Estudo sobre a neurociência;
- Estudo sobre as batidas binaurais;
- Utilização do microcontrolador ADuC841 como um gerador de ondas sonoras de baixa frequência.

Referências Bibliográficas

- ANGELO, E. F. Jr., “**Eletronics: BJTs, FETs, and Microcircuits**”, New York, McGraw – Hill, 1969;
- BARKER, A.T.; JALINOUS, R.; FREESTON, I.L. – “**Noninvasive magnetic stimulation of human motor cortex**”. Lancet 1985;
- BOBROW, L. S., “**Elementary Linear Circuit Analysis**”, 2ª ed., New York: Holt, Rinehart and Winston, 1987;
- CLAYTON, G. B., “**Experimenting with Operational Amplifiers**”, London: Macmillan, 1975;
- HAYT, W. H. e KEMMERLY, J. E., “**Engineering Circuit Analysis**”, 3ª ed., New York: McGraw – Hill, 1978;
- Manual do ADuC841;
- SEDRA, Adel S. e SMITH, Kenneth C.; “**Microeletrônica**”, volume1, tradução Romeu Abdo; revisão técnica Antônio Pertence Júnior. São Paulo, Makron Books, 1995;
- TURNER, L. W., “**Eletrônica Aplicada**”, 1º ed., editora Hemus, 2004.
- [1] Disponível em: <http://www.geocities.com/adriancmvd/freqcere.htm>. Acesso em: 12 nov. 2008;
- [2] Disponível em: <http://www.geocities.com/seriecorpohumano/ocerebroeosistemanervoso.htm>. Acesso em: 23 nov. 2008;

- [3] Disponível em: <http://paulolamf.sites.uol.com.br/utilitarios.html>. Acesso em: 02 dez. 2008;
- [4] Disponível em: <http://audioware.cifraclub.terra.com.br/download-69-multitone-generator.html>. Acesso em: 03 dez. 2008;
- [5] Disponível em: <http://www.balancamentocerebral.com>. Acesso em: 20 dez. 2008;

Anexo A

Especificações do ADuC841



MicroConverter® 12-Bit ADCs and DACs with Embedded High Speed 62-kB Flash MCU

ADuC841/ADuC842/ADuC843

FEATURES

Pin compatible upgrade of ADuC812/ADuC831/ADuC832

Increased performance

- Single-cycle 20 MIPS 8052 core
- High speed 420 kSPS 12-bit ADC

Increased memory

- Up to 62 kBytes on-chip Flash/EE program memory
- 4 kBytes on-chip Flash/EE data memory

In-circuit reprogrammable

- Flash/EE, 100 year retention, 100 kCycle endurance
- 2304 bytes on-chip data RAM

Smaller package

- 8 mm × 8 mm chip scale package
- 52-lead PQFP—pin compatible upgrade

Analog I/O

- 8-channel, 420 kSPS high accuracy, 12-bit ADC
- On-chip, 15 ppm/°C voltage reference
- DMA controller, high speed ADC-to-RAM capture
- Two 12-bit voltage output DACs¹
- Dual output PWM Σ-Δ DACs
- On-chip temperature monitor function

8052 based core

- 8051 compatible instruction set (20 MHz max)

High performance single-cycle core

- 32 kHz external crystal, on-chip programmable PLL
- 12 interrupt sources, 2 priority levels
- Dual data pointers, extended 11-bit stack pointer

On-chip peripherals

- Time interval counter (TIC)
- UART, I²C[®], and SPI[®] Serial I/O
- Watchdog timer (WDT)
- Power supply monitor (PSM)

Power

- Normal: 4.5 mA @ 3 V (core CLK = 2.098 MHz)
- Power-down: 10 μA @ 3 V²

Development tools

- Low cost, comprehensive development system incorporating nonintrusive single-pin emulation, IDE based assembly and C source debugging

APPLICATIONS

- Optical networking—laser power control
- Base station systems
- Precision instrumentation, smart sensors
- Transient capture systems
- DAS and communications systems

¹ ADuC841/ADuC842 only.

² ADuC842/ADuC843 only, ADuC841 driven directly by external crystal.

Rev. 0

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

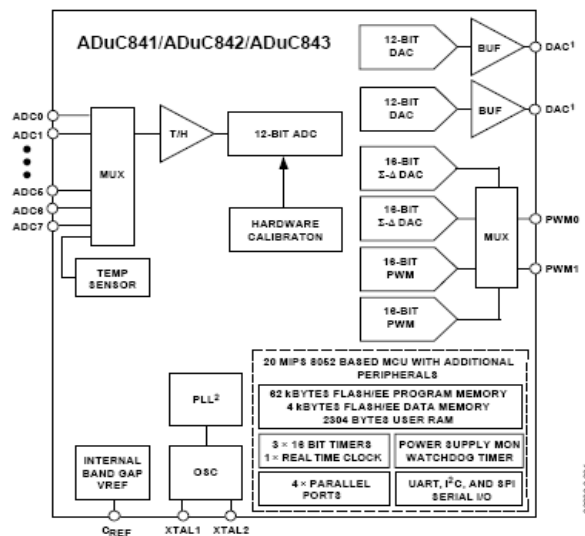


Figure 1.

GENERAL DESCRIPTION

The ADuC841/ADuC842/ADuC843 are complete smart transducer front ends, that integrates a high performance self-calibrating multichannel ADC, a dual DAC, and an optimized single-cycle 20 MHz 8-bit MCU (8051 instruction set compatible) on a single chip.

The ADuC841 and ADuC842 are identical with the exception of the clock oscillator circuit; the ADuC841 is clocked directly from an external crystal up to 20 MHz whereas the ADuC842 uses a 32 kHz crystal with an on-chip PLL generating a programmable core clock up to 16.78 MHz.

The ADuC843 is identical to the ADuC842 except that the ADuC843 has no analog DAC outputs.

The microcontroller is an optimized 8052 core offering up to 20 MIPS peak performance. Three different memory options are available offering up to 62 kBytes of nonvolatile Flash/EE program memory. Four kBytes of nonvolatile Flash/EE data memory, 256 bytes RAM, and 2 kBytes of extended RAM are also integrated on-chip.

(continued on page 15)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.326.8703 © 2003 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

SPECIFICATIONS¹

Table 1. $AV_{DD} = DV_{DD} = 2.7\text{ V to }3.6\text{ V or }4.75\text{ V to }5.25\text{ V}$; $V_{REF} = 2.5\text{ V}$ internal reference, $f_{CORE} = 16.78\text{ MHz @ }5\text{ V }8.38\text{ MHz @ }3\text{ V}$; all specifications $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted

Parameter	$V_{DD} = 5\text{ V}$	$V_{DD} = 3\text{ V}$	Unit	Test Conditions/Comments
ADC CHANNEL SPECIFICATIONS				
DC ACCURACY ^{2, 3}				
Resolution	12	12	Bits	$f_{SAMPLE} = 120\text{ kHz}$, see the Typical Performance Characteristics for typical performance at other values of f_{SAMPLE}
Integral Nonlinearity	± 1	± 1	LSB max	2.5 V internal reference
	± 0.3	± 0.3	LSB typ	
Differential Nonlinearity	$+1/-0.9$	$+1/-0.9$	LSB max	2.5 V internal reference
	± 0.3	± 0.3	LSB typ	
Integral Nonlinearity ⁴	± 2	± 1.5	LSB max	1 V external reference
Differential Nonlinearity ⁴	$+1.5/-0.9$	$+1.5/-0.9$	LSB max	1 V external reference
Code Distribution	1	1	LSB typ	ADC input is a dc voltage
CALIBRATED ENDPOINT ERRORS ^{5, 6}				
Offset Error	± 3	± 2	LSB max	
Offset Error Match	± 1	± 1	LSB typ	
Gain Error	± 3	± 2	LSB max	
Gain Error Match	± 1	± 1	LSB typ	
DYNAMIC PERFORMANCE				
Signal-to-Noise Ratio (SNR) ⁷	71	71	dB typ	$f_{IN} = 10\text{ kHz sine wave}$ $f_{SAMPLE} = 120\text{ kHz}$
Total Harmonic Distortion (THD)	-85	-85	dB typ	
Peak Harmonic or Spurious Noise	-85	-85	dB typ	
Channel-to-Channel Crosstalk ⁸	-80	-80	dB typ	
ANALOG INPUT				
Input Voltage Range	0 to V_{REF}	0 to V_{REF}	V	
Leakage Current	± 1	± 1	$\mu\text{A max}$	
Input Capacitance	32	32	pF typ	
TEMPERATURE SENSOR ⁹				
Voltage Output at 25°C	700	700	mV typ	
Voltage TC	-1.4	-1.4	mV/°C typ	
Accuracy	± 1.5	± 1.5	°C typ	Internal/External 2.5 V V_{REF}
DAC CHANNEL SPECIFICATIONS				
Internal Buffer Enabled ADuC841/ADuC842 Only				
DC ACCURACY ¹⁰				
Resolution	12	12	Bits	
Relative Accuracy	± 3	± 3	LSB typ	
Differential Nonlinearity ¹¹	-1	-1	LSB max	Guaranteed 12-bit monotonic
	$\pm 1/2$	$\pm 1/2$	LSB typ	
Offset Error	± 50	± 50	mV max	V_{REF} range
Gain Error	± 1	± 1	% max	AV_{DD} range
	± 1	± 1	% typ	V_{REF} range
Gain Error Mismatch	0.5	0.5	% typ	% of full-scale on DAC1
ANALOG OUTPUTS				
Voltage Range_0	0 to V_{REF}	0 to V_{REF}	V typ	DAC $V_{REF} = 2.5\text{ V}$
Voltage Range_1	0 to V_{DD}	0 to V_{DD}	V typ	DAC $V_{REF} = V_{DD}$
Output Impedance	0.5	0.5	Ω typ	

ADuC841/ADuC842/ADuC843

Parameter	V _{DD} = 5 V	V _{DD} = 3 V	Unit	Test Conditions/Comments
DAC AC CHARACTERISTICS				
Voltage Output Settling Time	15	15	μs typ	Full-scale settling time to within ½ LSB of final value
Digital-to-Analog Glitch Energy	10	10	nV-sec typ	1 LSB change at major carry
DAC CHANNEL SPECIFICATIONS^{12,13}				
Internal Buffer Disabled ADuC841/ADuC842 Only				
DC ACCURACY¹⁰				
Resolution	12	12	Bits	Guaranteed 12-bit monotonic
Relative Accuracy	±3	±3	LSB typ	
Differential Nonlinearity ¹¹	-1	-1	LSB max	
	±1/2	±1/2	LSB typ	
Offset Error	±5	±5	mV max	V _{REF} range
Gain Error	±0.5	±0.5	% typ	V _{REF} range
Gain Error Mismatch ⁴	0.5	0.5	% typ	% of full-scale on DAC1
ANALOG OUTPUTS				
Voltage Range_0	0 to V _{REF}	0 to V _{REF}	V typ	DAC V _{REF} = 2.5 V
REFERENCE INPUT/OUTPUT REFERENCE OUTPUT¹⁴				
Output Voltage (V _{REF})	2.5	2.5	V	Of V _{REF} measured at the C _{REF} pin T _A = 25°C
Accuracy	±10	±10	mV Max	
Power Supply Rejection	65	67	dB typ	
Reference Temperature Coefficient	±15	±15	ppm/°C typ	
Internal V _{REF} Power-On Time	2	2	ms typ	
EXTERNAL REFERENCE INPUT¹⁵				
Voltage Range (V _{REF}) ⁴	1 V _{DD}	1 V _{DD}	V min V max	Internal band gap deselected via ADCCON1.6
Input Impedance	20	20	kΩ typ	
Input Leakage	1	1	μA max	
POWER SUPPLY MONITOR (PSM)				
DV _{DD} Trip Point Selection Range		2.93 3.08	V min V max	Two trip points selectable in this range programmed via TPD1-0 in PSMCON, 3 V part only
DV _{DD} Power Supply Trip Point Accuracy		±2.5	% max	
WATCHDOG TIMER (WDT)⁴				
Timeout Period	0 2000	0 2000	ms min ms max	Nine timeout periods selectable in this range
FLASH/EE MEMORY RELIABILITY CHARACTERISTICS¹⁶				
Endurance ¹⁷	100,000	100,000	Cycles min	
Data Retention ¹⁸	100	100	Years min	
DIGITAL INPUTS				
Input Leakage Current (Port 0, $\overline{E\overline{A}}$)	±10 ±1	±10 ±1	μA max μA typ	V _{IN} = 0 V or V _{DD} V _{IN} = 0 V or V _{DD}
Logic 1 Input Current (All Digital Inputs), SDATA, SCLOCK	±10 ±1	±10 ±1	μA max μA typ	V _{IN} = V _{DD} V _{IN} = V _{DD}
Logic 0 Input Current (Ports 1, 2, 3) SDATA, SCLOCK	-75 -40	-25 -15	μA max μA typ	V _{IL} = 450 mV
Logic 1 to Logic 0 Transition Current (Ports 2 and 3)	-660 -400	-250 -140	μA max μA typ	V _{IL} = 2 V V _{IL} = 2 V
RESET	±10 10 105	±10 5 35	μA max μA min μA max	V _{IN} = 0 V V _{IN} = 5 V, 3 V Internal Pull Down V _{IN} = 5 V, 3 V Internal Pull Down

ADuC841/ADuC842/ADuC843

Parameter	V _{DD} = 5 V	V _{DD} = 3 V	Unit	Test Conditions/Comments
LOGIC INPUTS ⁴ INPUT VOLTAGES All Inputs Except SCLOCK, SDATA, RESET, and XTAL1				
V _{INL} , Input Low Voltage	0.8	0.4	V max	
V _{INH} , Input High Voltage	2.0	2.0	V min	
SDATA				
V _{INL} , Input Low Voltage	0.8	0.8	V max	
V _{INH} , Input High Voltage	2.0	2.0	V min	
SCLOCK and RESET Only ⁴ (Schmitt-Triggered Inputs)				
V _{T+}	1.3	0.95	V min	
	3.0	0.25	V max	
V _{T-}	0.8	0.4	V min	
	1.4	1.1	V max	
V _{T+} - V _{T-}	0.3	0.3	V min	
	0.85	0.85	V max	
CRYSTAL OSCILLATOR				
Logic Inputs, XTAL1 Only				
V _{INL} , Input Low Voltage	0.8	0.4	V typ	
V _{INH} , Input High Voltage	3.5	2.5	V typ	
XTAL1 Input Capacitance	18	18	pF typ	
XTAL2 Output Capacitance	18	18	pF typ	
MCU CLOCK RATE	16.78 20	8.38 8.38	MHz max MHz max	ADuC842/ADuC843 Only ADuC841 Only
DIGITAL OUTPUTS				
Output High Voltage (V _{OH})	2.4 4	2.4 2.6	V min V typ V min V typ	V _{DD} = 4.5 V to 5.5 V I _{SOURCE} = 80 μA V _{DD} = 2.7 V to 3.3 V I _{SOURCE} = 20 μA
Output Low Voltage (V _{OL}) ALE, Ports 0 and 2	0.4 0.2	0.4 0.2	V max V typ	I _{SINK} = 1.6 mA I _{SINK} = 1.6 mA
Port 3	0.4	0.4	V max	I _{SINK} = 4 mA
SCLOCK/SDATA	0.4	0.4	V max	I _{SINK} = 8 mA, I ² C Enabled
Floating State Leakage Current ⁴	±10 ±1	±10 ±1	μA max μA typ	
STARTUP TIME				At any core CLK
At Power-On	500	500	ms typ	
From Idle Mode	100	100	μs typ	
From Power-Down Mode				
Wake-up with INT0 Interrupt	150	400	μs typ	
Wake-up with SPI/I ² C Interrupt	150	400	μs typ	
Wake-up with External RESET	150	400	μs typ	
After External RESET in Normal Mode	30	30	ms typ	
After WDT Reset in Normal Mode	3	3	ms typ	Controlled via WDCON SFR

ADuC841/ADuC842/ADuC843

Parameter	V _{DD} = 5 V	V _{DD} = 3 V	Unit	Test Conditions/Comments
POWER REQUIREMENTS^{19, 20}				
Power Supply Voltages				
AV _{DD} /DV _{DD} – AGND		2.7	V min	AV _{DD} /DV _{DD} = 3 V nom
		3.6	V max	
	4.75		V min	AV _{DD} /DV _{DD} = 5 V nom
	5.25		V max	
Power Supply Currents Normal Mode ²¹				
DV _{DD} Current [†]	10	4.5	mA typ	Core CLK = 2.097 MHz
AV _{DD} Current	1.7	1.7	mA max	Core CLK = 2.097 MHz
DV _{DD} Current	38	12	mA max	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
	33	10	mA typ	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
AV _{DD} Current	1.7	1.7	mA max	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
DV _{DD} Current [†]	45	N/A	mA max	Core CLK = 20MHz ADuC841 Only
Power Supply Currents Idle Mode ²¹				
DV _{DD} Current	4.5	2.2	mA typ	Core CLK = 2.097 MHz
AV _{DD} Current	3	2	μA typ	Core CLK = 2.097 MHz
DV _{DD} Current [†]	12	5	mA max	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
	10	3.5	mA typ	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
AV _{DD} Current	3	2	μA typ	Core CLK = 16.78MHz/8.38 MHz 5 V/3 V
Power Supply Currents Power-Down Mode ²¹				
DV _{DD} Current	28	18	μA max	Core CLK = any frequency
	20	10	μA typ	Oscillator Off / TIMECON.1 = 0
AV _{DD} Current	2	1	μA typ	Core CLK = any frequency
				ADuC841 Only
DV _{DD} Current [†]	3	1	mA max	TIMECON.1 = 1
DV _{DD} Current [†]	50	22	μA max	Core CLK = any frequency
	40	15	μA typ	ADuC842/ADuC843 Only
				Oscillator On
Typical Additional Power Supply Currents				
PSM Peripheral	15	10	μA typ	AV _{DD} = DV _{DD}
ADC [‡]	1.0	1.0	mA min	MCLK Divider = 32
	2.8	1.8	mA max	MCLK Divider = 2
DAC	150	130	μA typ	

See footnotes on the next page.

