

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Engenharia Elétrica e Informática – CEEI
Coordenadoria de Engenharia Elétrica – CEE



Universidade Federal
de Campina Grande

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE RECUPERAÇÃO
DE ENERGIA POR MEIO DA TÉCNICA DE
ALIMENTAÇÃO SEM FIO PARA SENSORES
BIOMÉDICOS AUTÔNOMOS**

Gilcianne Andreza Fernandes de Araujo

Outubro de 2011



Universidade Federal
de Campina Grande

Relatório de estágio

Gilcianne Andreza Fernandes de Araújo

ESTUDO DE UM SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DA TÉCNICA DE ALIMENTAÇÃO SEM FIO PARA SENSORES BIOMÉDICOS AUTÔNOMOS

Estagio submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador:

Professor Rubem Alves da Silva

Campina Grande

Outubro de 2011



Gilcianne Andreza Fernandes de Araújo

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE RECUPERAÇÃO
DE ENERGIA POR MEIO DA TÉCNICA DE
ALIMENTAÇÃO SEM FIO PARA SENSORES
BIOMÉDICOS AUTÔNOMOS**

Estágio submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em ____ de _____ de 2011

BANCA EXAMINADORA

Professor Rubem Alves da Silva
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Professor Convidado
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Campina Grande
Outubro de 2011



Resumo

Atualmente a vida útil dos sensores que operam no interior do corpo humano é um fator crítico desse tipo de aplicação porque se encontra condicionada a fontes de alimentação cuja vida útil é curta e são, em geral, insubstituíveis. Com o intuito de aumentar a vida útil desses sensores, neste trabalho, é proposto o projeto de um sistema que se baseia na técnica de tele-alimentação por ondas eletromagnéticas utilizando um sistema conhecido como rectena (antenas retificadoras). O sistema estudado respeita a taxa de absorção específica (SAR) e a banda de frequências recomendada pelo Comitê Europeu de Radiocomunicações para implantes médicos e apresentou uma eficiência de 77% para uma potência de entrada de -10 dBm.

Palavras-chave: Rectena, retificador, bateria virtual, antena microfita.



Sumário

Resumo	4
Sumário	5
Índice de Figuras	6
Índice de Tabelas.....	9
1. Introdução	10
2. Escola de Informação, Tecnologia e Engenharia (EITE).....	11
3. Especificações	12
4. Rectenas.....	13
5. Circuitos retificadores	14
5.1. Dobradores de tensão.....	18
6. Escolha do diodo	22
7. Diodos Schottky	23
8. Projeto da bateria virtual.....	28
8.1. Circuito de adaptação para circuitos que trabalham em radio frequência	36
9. Resultados.....	41
10. Antena	43
11. Conclusão	46
12. Bibliografia.....	47
13. Anexo	49
13.1. Anexo 1.....	49
13.2. Anexo 2.....	55
13.3. Anexo 3.....	56



Índice de Figuras

Figura 1 – (a) Receptor super-heteródino (b) Receptor <i>Cristal vídeo</i>	13
Figura 2 - (a) Circuito retificador (b) Rectena.....	13
Figura 3 - Modelo de um circuito retificador: o diodo é representado por D e o resistor por R.....	14
Figura 4 - (a) Tensão de entrada do circuito retificador e (b) tensão de saída do circuito retificador. v_p é a amplitude do sinal.....	15
Figura 5 – Diagrama de blocos de uma fonte CC.....	15
Figura 6 – Diferentes configurações para o circuito retificador: (a) retificador de meia onda (b) e (c) retificadores de onda completa.	16
Figura 7 – Retificador de precisão – configuração para o retificador de meia onda. ...	16
Figura 8 – (a) Retificador de pico com um retificador de meia onda e (b) sinal de saída, em azul, e sinal de entrada, em preto do circuito. Nessa figura é assumida a utilização de um diodo ideal.....	17
Figura 9 – (a) Retificador de pico com um resistor de carga e (b) tensão de saída, em azul, e tensão de entrada, em preto, desse circuito.	17
Figura 10 – Circuito do dobrador de tensão	18
Figura 11 - Circuito grampeador	19
Figura 12 - Circuito dobrador de tensão no semi-ciclo negativo.....	19
Figura 13 - Circuito dobrador de tensão durante o semi-ciclo positivo	20
Figura 14 – Funcionamento do circuito dobrador de tensão com carga em paralelo a C_2 durante o semi-ciclo negativo da tensão de entrada.....	20
Figura 15 - Tensão de saída de um circuito dobrador de tensão no caso ideal	22
Figura 16 - (a) Diodo de junção pn (b) diodo Schottky	22
Figura 17 - Representação linear de um diodo Schottky	24
Figura 18 - Representação linear do diodo Schottky com componentes que representam os efeitos parasitas.....	25



Figura 19 – Diferentes configurações para os circuitos retificadores com o diodo Schottky: (a) Configurações com o diodo de polarização zero e (b) configurações com o diodo convencional	25
Figura 20 - Curva característica do diodo Schottky.....	26
Figura 21 – Sensibilidade do diodo HSMS-2850	28
Figura 22 - Diagrama de blocos de uma bateria virtual	28
Figura 23 - Diagrama de blocos de uma bateria virtual com circuito de adaptação.....	29
Figura 24 - Circuito elétrico que representa a bateria virtual.....	29
Figura 25 – Projeto do circuito da bateria virtual no ADS sem o circuito de adaptação	30
Figura 26 – Ondulação na tensão de saída da bateria virtual mostrada na Figura 24, em (a) para uma carga de 100Ω e em (b) para uma carga de $100k\Omega$	31
Figura 27 – Comportamento da eficiência da bateria virtual versus a resistência de carga para um dado valor de potência de entrada. Em (a) $P_{\text{entrada}} = 0\text{dBm}$ e em (b) $P_{\text{entrada}} = 10\text{dBm}$	33
Figura 28 - Comportamento da eficiência da bateria virtual versus a potência de entrada para uma dada resistência.....	34
Figura 29 – Comportamento da tensão de saída da bateria virtual em (a) com relação a resistência de carga e em (b) com relação a potência de entrada	35
Figura 30 – Impedância de entrada para o circuito dobrador com uma resistência de carga de $20k\Omega$ e potência de entrada de -16dBm	37
Figura 31 – Circuito de adaptação. Na figura, Z é a impedância de entrada e R_0 é a impedância da fonte	38
Figura 32 – Circuito de adaptação simulado no ADS, na qual P_1 representa a resistência R_0 e P_2 representa da impedância de entrada.	39
Figura 33 – Impedância de entrada do circuito da bateria virtual com circuito de adaptação. No circuito a resistência de carga é de $20k\Omega$ e a potência de entrada de -16dBm	39
Figura 34 – Perdas por reflexão para diferentes valores de frequência.	40
Figura 35 – Perdas de reflexão para diferentes valores de potência de entrada	40
Figura 36 - Circuito completo da bateria virtual projetado no ADS.....	41



Figura 37 – Eficiência do circuito para diferentes valores de potência de entrada	41
Figura 38 – Eficiência da bateria virtual para diferentes valores de resistência de carga.	42
Figura 39 – Projeto da bateria virtual com o regulador Zener.....	43
Figura 40 - Projeto da antena proposto pelo programa.	44
Figura 41 – Antena projetada no CST.....	44
Figura 42 – Perdas por reflexão para a antena Microfita projetada	45
Figura 43 – Diagrama de radiação da antena projetada	45



Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação entre a tensão de saída e a tensão de entrada do circuito da Figura 2431	
Tabela 2: Eficiência da bateria virtual para uma impedância de carga de 600Ω	36
Tabela 3: Desempenho da bateria virtual para uma resistência de carga de $20k\Omega$	42



1. Introdução

O mundo atual está imerso em uma constante mudança tecnológica. Cada novo dia traz consigo uma inovação para a vida cotidiana. No ramo das telecomunicações, por exemplo, o conceito da comunicação sem fio através de ondas radio, *Radio-Frequency Identification* – RFID em inglês, está cada vez mais popular.

Um sistema RFID é composto por duas partes: um interrogador e uma etiqueta de RFID. O interrogador é um circuito que contém os módulos: transmissor, receptor, decodificador e de controle. Já a etiqueta de RFID é composta apenas por uma antena e uma rede de identificação. Normalmente, um sistema tem apenas um interrogador e várias etiquetas de RFID, o que permite concluir que o circuito que compõe uma etiqueta de RFID possui um projeto crítico [5].

Etiquetas de RFID num sistema RFID podem ser ativas ou passivas. As primeiras possuem uma fonte de energia externa no seu circuito, ou seja, uma bateria, fazendo com que menos energia seja solicitada do interrogador e são caracterizadas por apresentarem um amplo raio de leitura, uma vida útil limitada e são em geral mais caras. Já as segundas não possuem uma bateria externa, significando que a potência com a qual operam advém da energia recebida do interrogador, são caracterizadas pelo seu peso leve, por serem mais baratas que as etiquetas ativas e teoricamente apresentarem uma vida útil ilimitada. As etiquetas passivas, em contrapartida, apresentam um pequeno raio de leitura e demandam muito mais energia do interrogador que a ativa.

Os sistemas RFID estão sendo largamente utilizados nos dias atuais em aplicações como: identificação de gado, de animais domésticos, carros, carrinhos de supermercado, trens e em cartões de identificação de empresas. Além dessas aplicações, é também possível utilizar a comunicação sem fio com RFID na medicina, que é a proposta desse projeto.

O sistema RFID que será estudado é composto de uma rede de sensores cujo objetivo é coletar e fornecer informações de ordem médica. Esse tipo de sistema será



desenvolvido para ser usado em hospitais. Nele os sensores podem ser engolidos ou inseridos na pele humana. Hoje em dia já existe uma câmera que pode ser engolida, capaz de fazer imagens do interior do corpo humano com uma autonomia de 6 à 8h [20].

Estudos recentes mostram que micro-sensores dentro do corpo humano podem ajudar no tratamento de algumas doenças, mas eles necessitam de uma fonte de energia para alimentar seus componentes, o que geralmente limita sua vida útil e é insubstituível.

Para aumentar a vida útil desses sensores, pretende-se, nesse projeto, desenvolver um sistema de transmissão sem fio que utiliza RFID e sistemas conhecidos como rectenas (retificador + antenas) que é um tipo de antena capaz de transformar energia eletromagnética em energia contínua.

2. Escola de Informação, Tecnologia e Engenharia (EITE)

A Escola de Informação, Tecnologia e Engenharia (EITE) foi formada em 1997 pela junção do Departamento de Ciências da Computação com o Departamento de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação. A EITE é, na Universidade de Ottawa, o centro de pesquisa e de ensino de todas as áreas relacionadas à engenharia, computação, comunicações e computadores.

A EITE apresenta cerca de 20 áreas de pesquisa avançada financiadas por doações e contratos de milhões de dólares além de possuir várias parcerias com empresas locais.

A escola conta com quatro programas de pós-graduação com cerca de 780 estudantes e na graduação possui cerca de 400 estudantes.

3. Especificações

Em sistemas de transmissão de potência elétrica sem fio a quantidade de potência emitida é limitada por normas e a potencia recebida é atenuada devido, principalmente, a perdas no espaço livre [13]. Neste projeto, a rectena estudada é destinada para aplicações médicas e, de acordo com as normas, para respeitar a Taxa de Absorção Específica (expressão que em inglês é designada por *Specific Absorption Rate* – SAR), este tipo de aplicação deve ter uma potência recebida pela antena de -16dB ou $25\mu\text{W}$ [25]. Esse valor de potência será adotado como a potência recebida pelo circuito retificador.

Nas normas relacionadas com implantes médicos há também uma designação com relação à frequência de trabalho. Cada país adota uma faixa de frequências de acordo com o órgão responsável pelas comunicações via ondas radio. Como este projeto foi desenvolvido no Canadá em parceria com a Europa, a frequência de trabalho adotada situa-se na faixa compreendida entre 402 – 405 MHz que é a faixa de frequências recomendada pelo Comitê Europeu de Radiocomunicações (em inglês *European Radiocommunications Committee* - ERC) e também adotada no Canadá para implantes médicos que trabalhem com potências ultra baixas [10].

O sistema rectena é composto por um circuito retificador e uma antena. Este projeto tem como objetivo desenvolver o circuito retificador, enquanto que a antena será desenvolvida em outro projeto por outro estudante.

Como o conjunto antena + retificador deve ser engolido ou implantado dentro do corpo humano, é importante que o circuito a ser desenvolvido seja pequeno.

No estudo do conjunto antena + retificador as seguintes etapas devem ser desenvolvidas:

- Estudo da arquitetura de um sistema rectena;
- Estudo de antenas que obtenham desempenhos de acordo com as normas para a aplicação;
- Simulações da antena no HFSS ou qualquer outro software;
- Estudo de um sistema que permita utilizar parte da energia recebida pela antena para alimentar uma bateria embarcada;

- Caracterização do sistema estudado.

4. Rectenas

Um sistema RFID sempre contém um circuito receptor que pode ser de dois tipos: o super-heteródino (Figura 1 (a)) ou *crystal vídeo* (Figura 1 (b)). O primeiro possui uma maior sensibilidade e é usado no projeto do interrogador [7] enquanto que o segundo possui um projeto menos complexo que o primeiro e é mais barato, por essas razões sendo adotado na indústria de projetos de etiquetas de RFID.



Figura 1 – (a) Receptor super-heteródino (b) Receptor *Crystal vídeo*

Em aplicações de RFID, a configuração mostrada na Figura 1 (b) é chamada rectena e trata-se de uma associação de um retificador, Figura 2 (a), com uma antena, Figura 2 (b), responsável por converter energia eletromagnética em energia contínua, que é a proposta desse projeto.

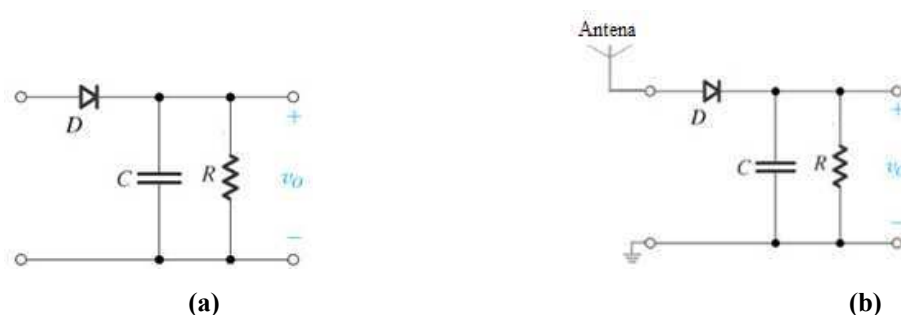


Figura 2 - (a) Circuito retificador (b) Rectena.

Uma rectena também pode ser chamada de bateria virtual e recebe esse nome porque descreve um circuito simples, compacto e de baixo custo capaz de substituir

uma bateria em etiquetas de RFID ou em outros dispositivos portáteis que possuem como características [8]:

- A aplicação RF a ser alimentada é pequena e portátil;
- Deseja-se que a aplicação possua uma grande vida útil;
- A aplicação não precisa de potência quando não está sendo submetida a campos de radiofrequência.

Uma característica importante desses circuitos, além da capacidade de converter potência RF em potência CC, é o nível de tensão CC que eles devem apresentar na saída. Dessa forma, uma boa escolha de circuito retificador, diodo apropriado e circuito de adaptação deve ser feita para que atenda as exigências de projeto.

5. Circuitos retificadores

Circuitos retificadores são uma aplicação fundamental dos diodos. Eles podem ser representados por uma conexão em série de um diodo e um resistor como apresentado na Figura 3.

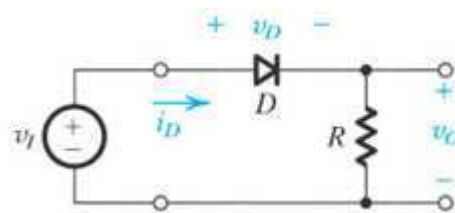


Figura 3 - Modelo de um circuito retificador: o diodo é representado por D e o resistor por R .

A principal característica desses tipos de circuitos é a componente CC na tensão de saída. Supondo que a tensão de entrada, v_i , seja uma senóide e D um diodo ideal, o diodo estará diretamente polarizado no semi-ciclo positivo da tensão de entrada, sendo representado por um curto circuito, e inversamente polarizado no semi-ciclo negativo da tensão de entrada, sendo representado por um circuito aberto. Quando o diodo estiver diretamente polarizado, a tensão de saída do circuito retificador será uma cópia da tensão de entrada enquanto que quando o diodo estiver

inversamente polarizado, a tensão de saída será zero. Os sinais de entrada e de saída do circuito retificador são mostrados na Figura 4 (a) e (b).

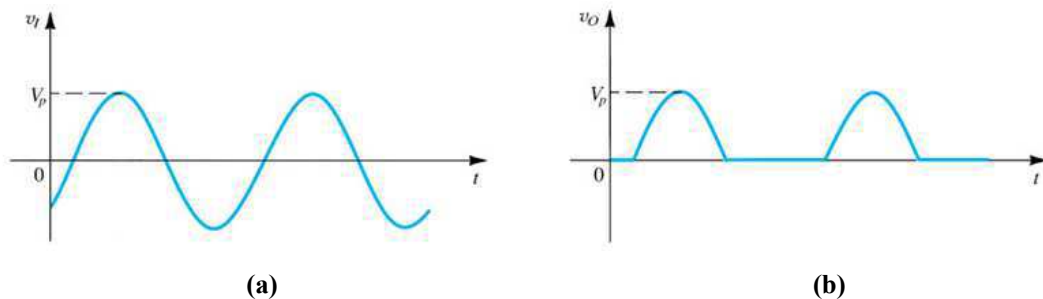


Figura 4 - (a) Tensão de entrada do circuito retificador e (b) tensão de saída do circuito retificador. v_p é a amplitude do sinal

O circuito retificador forma um dos principais diagramas de blocos para alimentação CC de equipamentos eletrônicos [1] e, na Figura 5, é mostrado como geralmente esse diagrama de blocos é composto.

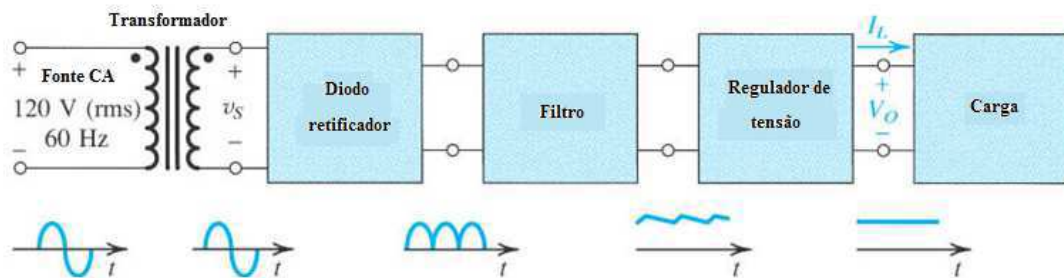


Figura 5 – Diagrama de blocos de uma fonte CC

O primeiro bloco desse diagrama representa um transformador, que é responsável por alimentar o circuito retificador. Entretanto, esse transformador pode ser substituído por outra fonte de alimentação, como antenas por exemplo.

Na segunda parte da figura tem-se o circuito retificador, o diodo retifica a tensão de entrada fazendo com que a tensão na sua saída seja um sinal positivo e pulsado. Apesar do sinal na saída do diodo ser positivo, o fato de ser uma onda pulsada torna-a indesejável para a alimentação de circuitos eletrônicos, então surge a necessidade de um filtro que, apesar de atenuar os pulsos da onda, ainda apresenta componentes dependentes do tempo em sua saída e, para reduzir essas oscilações e diminuir as variações da corrente de carga, é utilizado um regulador de tensão. A

tensão ideal de saída de um circuito retificador é mostrada na Figura 5 e cada bloco azul dessa figura será detalhadamente descrito nos tópicos subsequentes.

Existem dois tipos de circuitos retificadores: os de meia onda e os de onda completa. Os primeiros retificam apenas o semi-ciclo positivo da tensão de entrada, enquanto os segundos retificam tanto o semi-ciclo negativo quanto o semi-ciclo positivo da tensão de entrada. Utilizar um ou outro vai depender da aplicação. Os circuitos retificadores de meia onda podem ser representados como mostrado na Figura 6 (a) e os retificadores de onda completa como mostrado na Figura 6 (b) e (c). Entretanto, dependendo da exigência da aplicação, um retificador de precisão deve ser utilizado, como é mostrado na Figura 7.

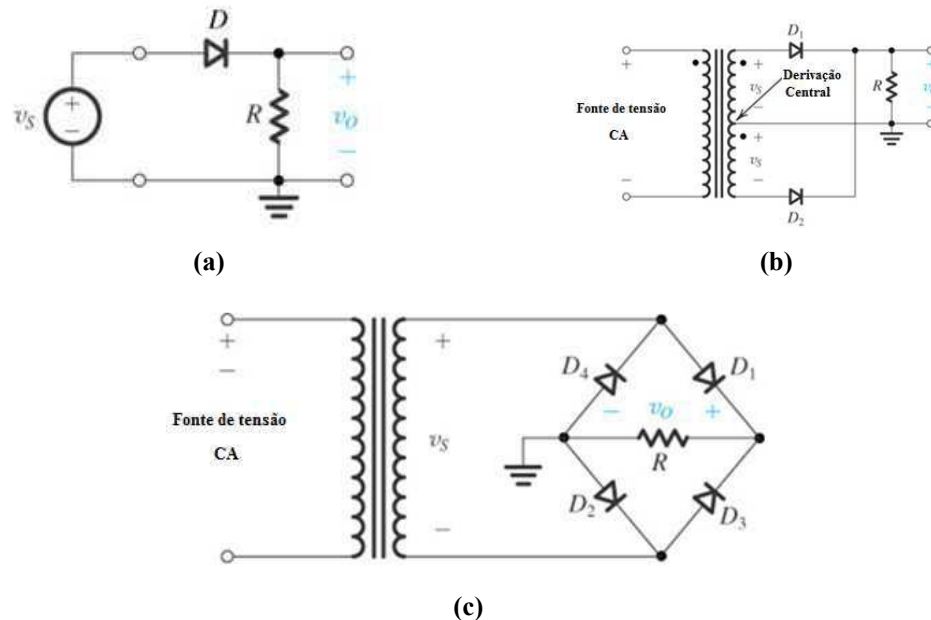


Figura 6 – Diferentes configurações para o circuito retificador: (a) retificador de meia onda (b) e (c) retificadores de onda completa.

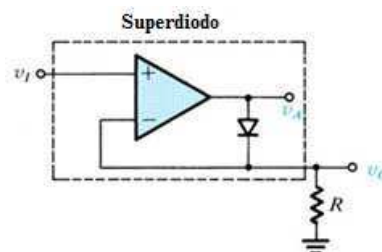


Figura 7 – Retificador de precisão – configuração para o retificador de meia onda.

O retificador de precisão é mais sensível, porém requer um projeto mais complexo, apresenta um custo mais elevado e precisa de uma fonte externa para alimentar o amplificador.

Quando o circuito retificador é associado a um capacitor (bloco filtro no diagrama de blocos), esse circuito passa a ser chamado de retificador de pico porque sua tensão de saída é aproximadamente o pico da tensão de entrada como é mostrado na Figura 8. Os retificadores de pico podem ser utilizados tanto associados aos retificadores de meia onda quanto aos de onda completa.

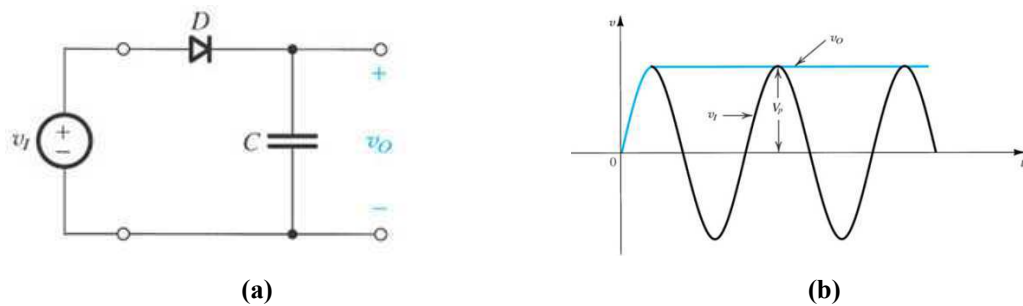


Figura 8 – (a) Retificador de pico com um retificador de meia onda e (b) sinal de saída, em azul, e sinal de entrada, em preto, do circuito. Nessa figura é assumida a utilização de um diodo ideal

Se o circuito da Figura 8 é associado a um resistor que representa o bloco carga da Figura 5, tem-se o circuito como mostrado na Figura 9. Nesse circuito a tensão armazenada no capacitor é descarregada no resistor durante o semi-ciclo negativo da tensão de entrada, nesse momento, o capacitor atua como fonte para a carga. O valor de pico a pico da descarga é chamada de V_r . Mais detalhes a respeito desse circuito serão dados nos tópicos subsequentes.

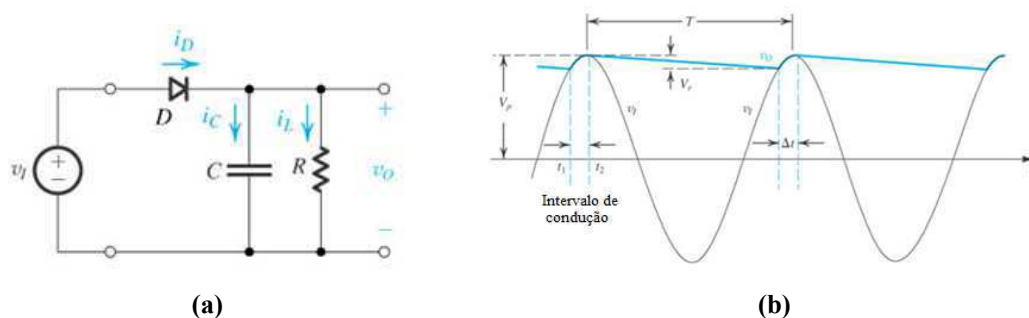


Figura 9 – (a) Retificador de pico com um resistor de carga e (b) tensão de saída, em azul, e tensão de entrada, em preto, desse circuito (b).

A tensão V_r é indesejada e justifica a utilização de um regulador de tensão (bloco regulador de tensão) que pode ser representado por um diodo *Zener*, por exemplo, que tem a função de diminuir a queda de tensão de pico a pico da descarga estabilizando o valor da tensão de saída contra as variações causadas pelas mudanças na corrente de carga.

Após descrever os blocos da Figura 5, uma idéia geral de como projetar uma fonte CC foi dada, mas existem diversas maneiras de fazer esse projeto dependendo das especificações. Neste trabalho, por exemplo, deseja-se aumentar a vida útil de um micro sensor que estará inserido no corpo humano utilizando ondas radio para alimentá-lo. Dessa forma, é necessário projetar um circuito que trabalhe com baixos níveis de potência. Esse circuito pode ser projetado utilizando um circuito retificador chamado de dobrador de tensão.

5.1. Dobradores de tensão

Um circuito dobrador de tensão é um retificador que teoricamente é capaz de produzir em sua saída uma tensão que é duas vezes a tensão de pico da tensão de entrada. Esse circuito é mostrado na Figura 10.

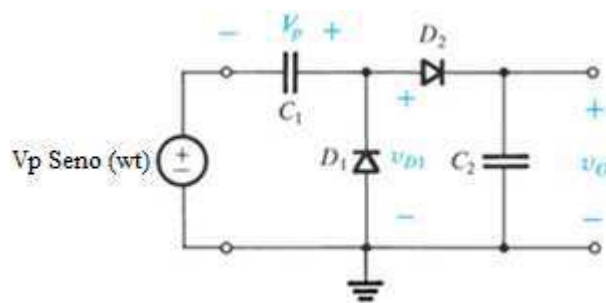


Figura 10 – Circuito do dobrador de tensão

Eles são compostos de dois circuitos em cascata: o circuito grampeador, Figura 11, formado por C_1 e D_1 e o retificador de pico, formado por D_2 e C_2 , Figura 8 (a).

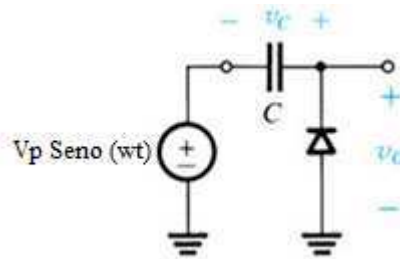


Figura 11 - Circuito grampeador

Em um circuito grampeador a tensão de saída é dada pela equação (1):

$$v_o = v_i + v_c \quad (1).$$

Por conta da polaridade do diodo, o capacitor será carregado até a tensão v_c que será igual ao pico negativo da tensão de entrada $v_c = V_p$. Nesse momento; o diodo cessa sua condução e o capacitor retém a tensão indefinidamente.

Para o circuito dobrador de tensão, durante o semi-ciclo negativo da tensão de entrada, o diodo D_1 encontra-se conduzindo e D_2 cortado, como representado na Figura 12. No final desse semi-ciclo o capacitor C_1 apresenta a tensão v_c igual ao pico da tensão de entrada V_p , o que implica $v_{D_1} = V_p$.

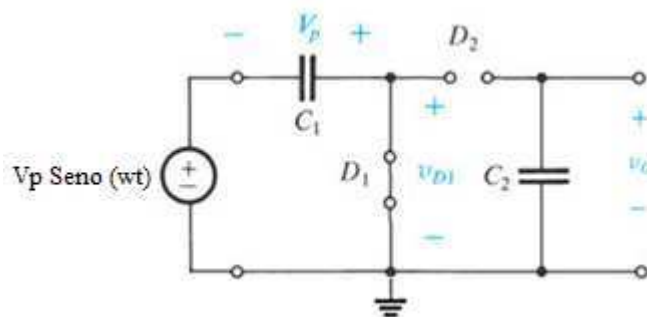


Figura 12 - Circuito dobrador de tensão no semi-ciclo negativo

Já durante o semi-ciclo positivo do sinal de entrada, o diodo D_2 encontra-se conduzindo e D_1 cortado, como mostrado na Figura 13. Nesse caso, C_1 atua como uma bateria e sua tensão será somada a tensão da fonte, o capacitor C_2 será carregado e sua tensão será igual a $2V_p$. Conseqüentemente, $v_o = 2V_p$ e, se nenhuma carga é ligada à saída do circuito, ou seja, em paralelo a C_2 , essa tensão na saída é mantida indefinidamente.

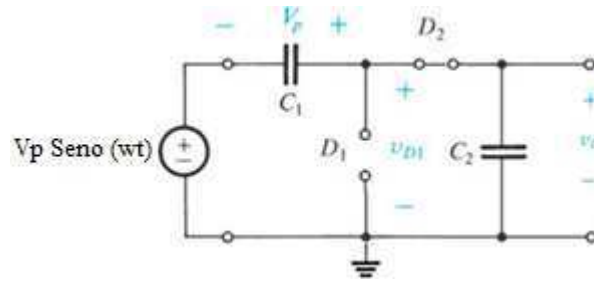


Figura 13 - Circuito dobrador de tensão durante o semi-ciclo positivo

A existência de uma carga ligada em paralelo a C_2 faz como que ele descarregue durante o semi-ciclo negativo da tensão, ou seja quando o diodo D_2 está cortado, como mostrado na Figura 14.

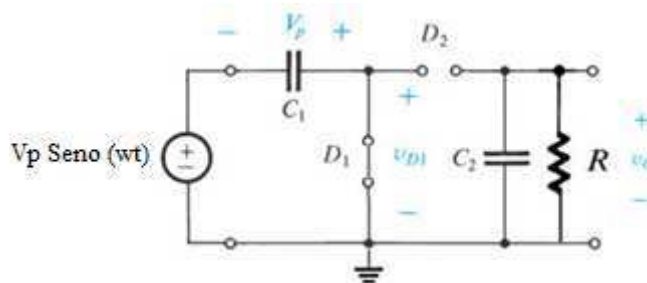


Figura 14 – Funcionamento do circuito dobrador de tensão com carga em paralelo a C_2 durante o semi-ciclo negativo da tensão de entrada.

No caso da Figura 14, é encontrado o mesmo caso da Figura 9 (a), na qual o diodo encontra-se reversamente polarizado e, nesse caso, a tensão de saída será uma curva similar a da Figura 8 (b). A queda na tensão de saída pode ser determinada de acordo com as equações que seguem:

Condição inicial:

$$v_{C_2}(0) = 2V_p \quad (2).$$

Aplicando a lei de Kirchhoff para tensões (3) e a lei de Kirchhoff para correntes (4):

$$v_{R_2}(t) - v_{C_2}(t) = 0 \quad (3).$$

$$i_{C_2}(t) + i_R(t) = 0 \quad (4).$$

Conhecendo a equação (5),

$$i_{C_2}(t) = C_2 \frac{dv_{C_2}(t)}{dt} \quad (5).$$

E substituindo (3) e (5) em (4),

$$RC_2 \frac{dv_{C_2}(t)}{dt} + v_{C_2}(t) = 0 \quad (6).$$

Integrando a equação (6) e substituindo (2) no resultando obtém-se:

$$v_{C_2}(t) = 2V_p e^{\frac{-t}{RC_2}} \quad (7).$$

Como $v_{C_2} = v_o$,

$$v_o(t) = 2V_p e^{\frac{-t}{RC_2}} \quad (8).$$

O capacitor C_2 irá descarregar durante um período do sinal de entrada (T), considerando que a tensão de pico a pico da descarga do capacitor é chamada de v_r , e que $RC_2 \gg T$, é possível determinar v_r como:

$$v_r = V_p \left(\frac{2T}{RC_2} \right) \quad (9).$$

De acordo com a equação (9), se RC_2 é muito maior que T, então v_r será muito baixa, o que significa que a tensão de saída apresentará uma ondulação muito pequena.

Aplicando a mesma metodologia de resolução ao circuito da Figura 9 (a), a tensão de saída será dada pela equação (10),

$$v_o(t) = V_p e^{\frac{-t}{RC}} \quad (10).$$

Comparando a equação (8) com a equação (10), é possível concluir que a utilização do dobrador de tensão é melhor que a utilização de um circuito retificador com um único diodo quando há um interesse em altos valores de tensão de saída.

Na Figura 15 é mostrado o comportamento ideal de um circuito dobrador de tensão no tempo quando na sua entrada é aplicada uma tensão senoidal.

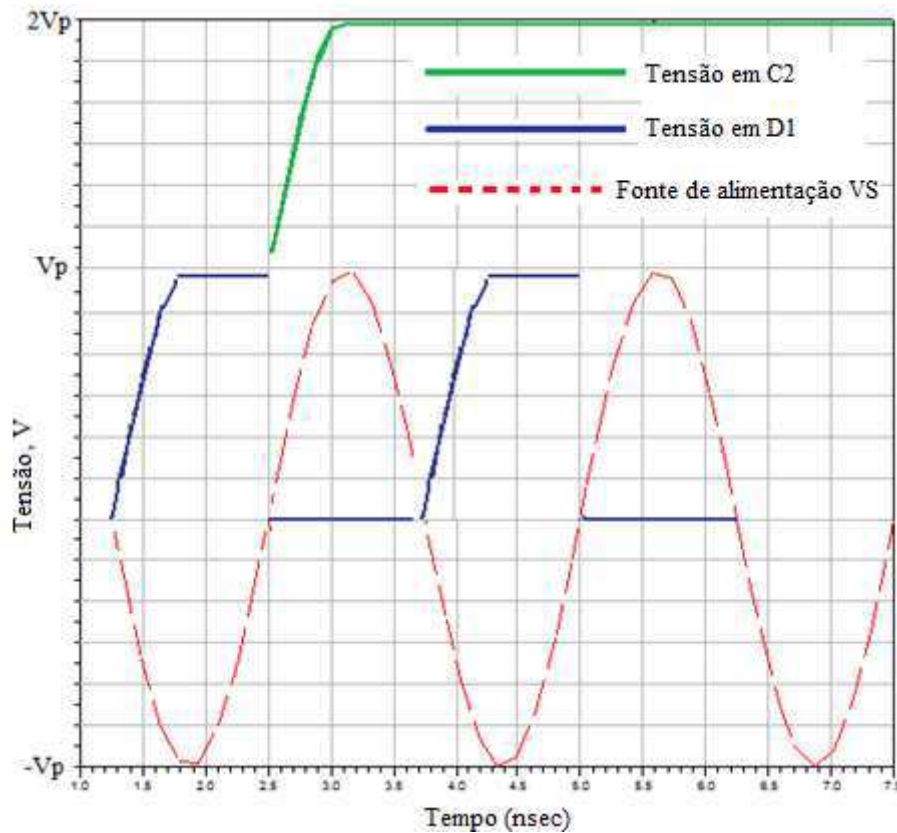


Figura 15 - Tensão de saída de um circuito dobrador de tensão no caso ideal

6. Escolha do diodo

O elemento mais importante de um circuito retificador é o diodo e, no mercado atual, existem vários tipos como, por exemplo, o diodo de junção *pn*, os varistores, os fotodiodos, os diodos Schottky, os diodos emissores de luz (LED, do inglês – *Light emitting diodes*), os diodos Zener etc. A utilização de um ou de outro depende da aplicação desejada.

Para circuitos retificadores é comum a utilização de dois diodos, o diodo de junção *pn* ou o diodo Schottky cujos símbolos encontram-se representados na Figura 16.

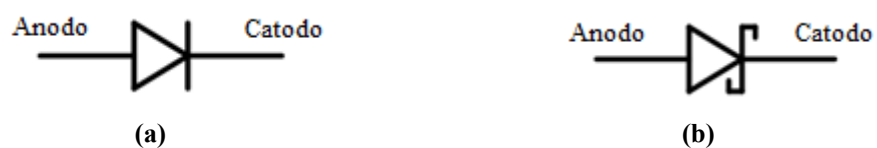


Figura 16 - (a) Diodo de junção *pn* (b) diodo Schottky

O diodo de junção pn consiste de um semicondutor tipo- p colocado em contato com um semicondutor tipo- n , enquanto que o diodo Schottky consiste de um metal colocado em contato com um material semicondutor moderadamente dopado tipo- n ou tipo- p . As curvas características desses dois diodos são semelhantes, mas diferenciam em dois detalhes muito importantes:

1. Os diodos Schottky passam do estado ligado para o desligado, ou vice-versa, muito mais rápido que os diodos de junção. Isso porque aqueles não apresentam os portadores minoritários de carga armazenados como os diodos de junção.
2. A queda de tensão quando o diodo Schottky está conduzindo é menor que a queda apresentada pelos diodos de junção. Normalmente um diodo Schottky apresenta uma queda de 0,3 a 0,5V enquanto que um diodo de junção apresenta uma queda de 0,6-0,8V.

O não armazenamento de cargas minoritárias pelo diodo Schottky dá aos circuitos que o utilizam mais sensibilidade, enquanto que a menor queda de tensão durante a condução reduz as perdas.

Como em aplicações RFID, as etiquetas precisam ser bastante sensíveis, pois geralmente trabalham com baixos níveis de potência e sempre são requeridas as menores perdas possíveis para o circuito, o diodo Schottky torna-se a escolha adequada para essas aplicações. Além dessas especificações, o projeto de uma etiqueta de RFID requer portabilidade, baixo custo, tamanho pequeno e uma longa vida útil.

7. Diodos Schottky

A equação que rege o comportamento desse diodo é a mesma utilizada para outros diodos, o que significa que se trata da equação (11).

$$I = I_s \left(e^{\frac{q}{nkT}(v-IR_s)} - 1 \right) \quad (11).$$

Nessa equação I_s é a corrente de saturação, q é a quantidade de carga de um elétron ($1,60 \times 10^{-19}$ Coloumb), n fator de idealidade e varia de acordo com o diodo, k a constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ Joules/ Kelvin), v a tensão de entrada e R_s a resistência em série que também depende do diodo.

Considerando $n = 1$ e usando os valores das demais constantes, é possível reescrever a equação (11),

$$I = I_s \left(e^{\frac{1}{0,026}(v-IR_s)} - 1 \right) \quad (12).$$

Apesar do diodo Schottky não ser um componente linear, ele pode ser representado por um circuito composto de componentes lineares, como pode ser visto na Figura 17.

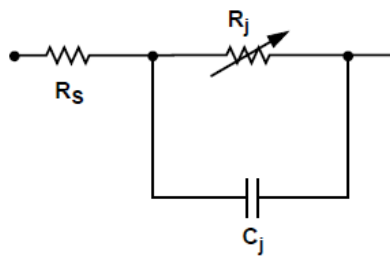


Figura 17 - Representação linear de um diodo Schottky

Na Figura 17, R_s é a resistência em série, C_j é a capacitância de junção e R_j é a resistência de junção do diodo. Geralmente, o valor da resistência série do circuito é dado no *datasheet* do diodo, enquanto que a resistência de junção deve ser calculada pela equação (13).

$$R_j = \frac{8,33 \times 10^{-5} n T}{I_t + I_s} \quad (13)$$

Nessa equação, $I_t = I_b + I_o$ em amperes, na qual

I_b é a corrente gerada pela retificação da potência RF e

I_o é a corrente da fonte externa, para o caso em que existe uma.

No circuito linear do diodo também é possível modelar os efeitos parasitas, representados simbolicamente por C_p e L_p no circuito mostrado na Figura 18.

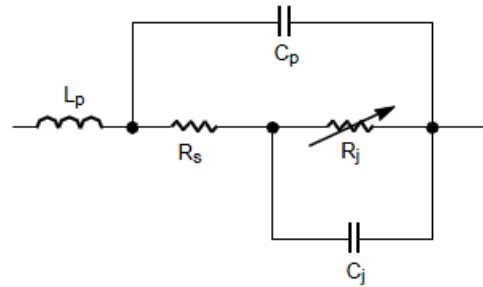


Figura 18 - Representação linear do diodo Schottky com componentes que representam os efeitos parasitas.

Os diodos Schottky podem ser do tipo-*n* ou tipo-*p*, os primeiros são Schottky convencionais e os segundos são chamados de polarização zero. A diferença entre eles é que os diodos tipo-*n* precisam de uma fonte externa para operar a baixas potências, enquanto que os diodos tipo-*p* não precisam. Além do mais, os diodos tipo-*p* são mais baratos, menos complexos e são menos vulneráveis ao ruído. Por apresentarem essas características os diodos Schottky tipo-*p* são utilizados para aplicações RFID e, portanto, o diodo escolhido para ser usado nesse projeto [7].

Na utilização do diodo Schottky em circuitos retificadores é possível encontrar quatro configurações diferentes como está mostrado na Figura 19.

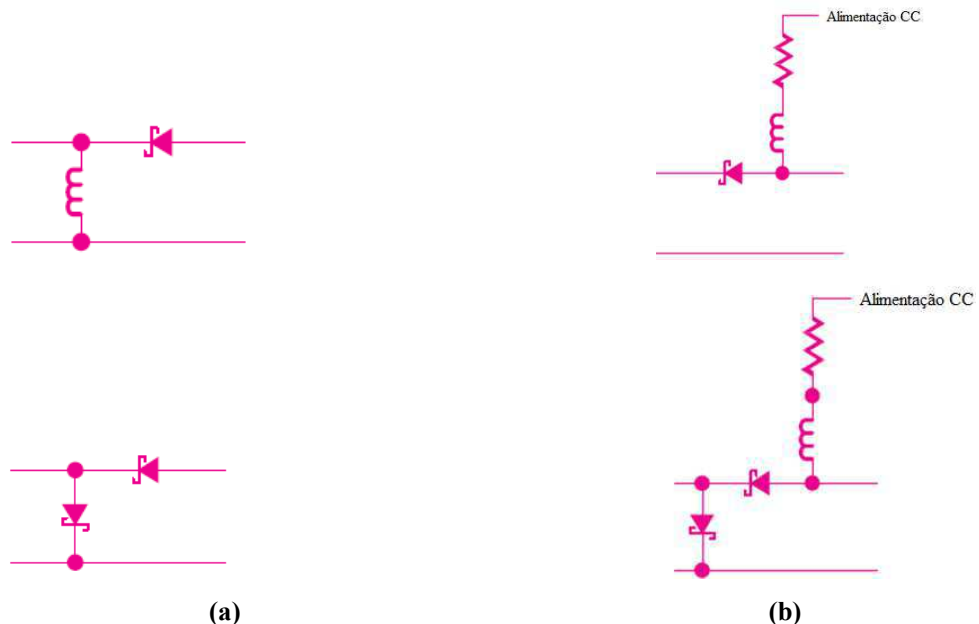


Figura 19 – Diferentes configurações para os circuitos retificadores com o diodo Schottky: (a) Configurações com o diodo de polarização zero e (b) configurações com o diodo convencional

As configurações mostradas na Figura 19 utilizam um ou dois diodos. Nesse projeto a configuração adotada será aquela que utiliza dois diodos, que é a configuração do retificador dobrador de tensão.

Embora algumas aplicações de RFID utilizem a faixa de frequências 5,86 – 10,5 GHz [7], a maioria das aplicações são feitas nas faixas de frequências: 850 -950 MHz, 2,4 – 2,5 GHz e 100-500 kHz. Entretanto para aplicações RFID no domínio da medicina a faixa de frequências é 402 – 405 MHz, que é a faixa adotada para este projeto.

A frequência a ser trabalhada também influencia na escolha do diodo Schottky. Como nesse caso será 402 MHz, o diodo a ser aplicado é o HSMS-2850 que é utilizado para aplicações de baixa potência e para frequências abaixo de 1,5GHz. Na característica desse diodo, mostrada na Figura 20, é possível visualizar que ele começa a conduzir com valores muito baixos de tensão.

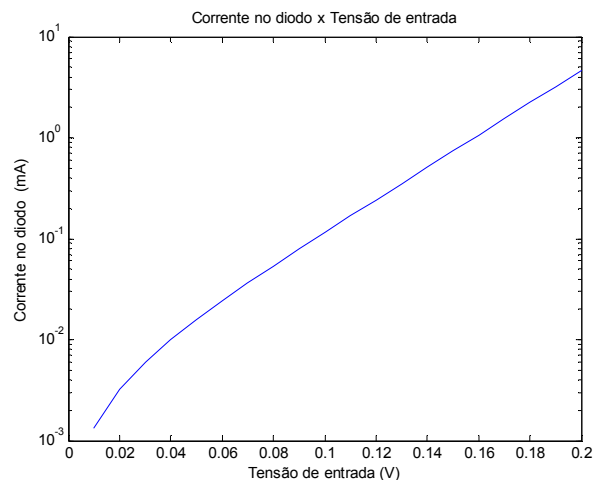


Figura 20 - Curva característica do diodo Schottky

Uma característica importante do desempenho do diodo nos circuitos retificadores é a sua sensibilidade (γ), definida como a inclinação da reta da função que relaciona a tensão de saída com a potência de entrada, expressa pela equação (14).

$$v_o = \gamma P_{in} \quad (14).$$

Vale salientar que o valor de γ leva em consideração os valores da capacitância e da resistência de junção, da resistência em série do diodo e da resistência de carga.

Em [3] o efeito da capacitância e da resistência de junção foi deduzido e chamado de γ_1 , expresso pela equação (15).

$$\gamma_1 = \frac{0,52}{I_s(1+w^2C_j^2R_sR_j)} \quad (15).$$

Na equação (15), w é a frequência em Hz e I_s a corrente de saturação do diodo, dada em ampères.

O efeito da resistência de carga pode ser deduzido considerando-se o diodo como uma fonte de tensão com impedância R_j , alimentando uma resistência de carga, R_L , resultando em uma sensibilidade, γ_2 , expressa pela equação (16),

$$\gamma_2 = \gamma_1 \left(\frac{R_L}{R_j + R_L} \right) \quad (16).$$

A análise feita até o momento considera que não existem perdas e que toda a potência incidente é absorvida pelo diodo. Normalmente, essa é uma boa aproximação, pois um circuito de adaptação de baixas perdas pode ser projetado para eliminar as perdas de reflexão. Entretanto, se não existe esse circuito de adaptação, as perdas no diodo devem ser levadas em consideração.

Se o diodo Schottky for adaptado a um sistema de 50Ω , então o coeficiente de reflexão (ρ) pode ser determinado pelas capacitância e indutância parasitas, sendo dado pela equação (17),

$$\rho = \frac{Z_D - 50}{Z_D + 50} \quad (17).$$

Na equação (17), Z_D é função da frequência e das capacitância e indutância parasitas. O valor de Z_D pode ser determinado usando a Figura 18 ou usando o programa de projeto e simulação de circuitos *Advanced Design System* (ADS) que é largamente utilizado na indústria. Se não existe circuito de adaptação, a sensibilidade do diodo será definida como [4]:

$$\gamma_2 = \gamma_1(1 - \rho) \quad (18)$$

Para o cálculo da sensibilidade do diodo HSMS-2850, a equação (18) não será considerada e, nesse caso, é considerado que toda a potência fornecida pela fonte é absorvida pelo diodo. O resultado do cálculo da sensibilidade do diodo encontra-se na Figura 21.

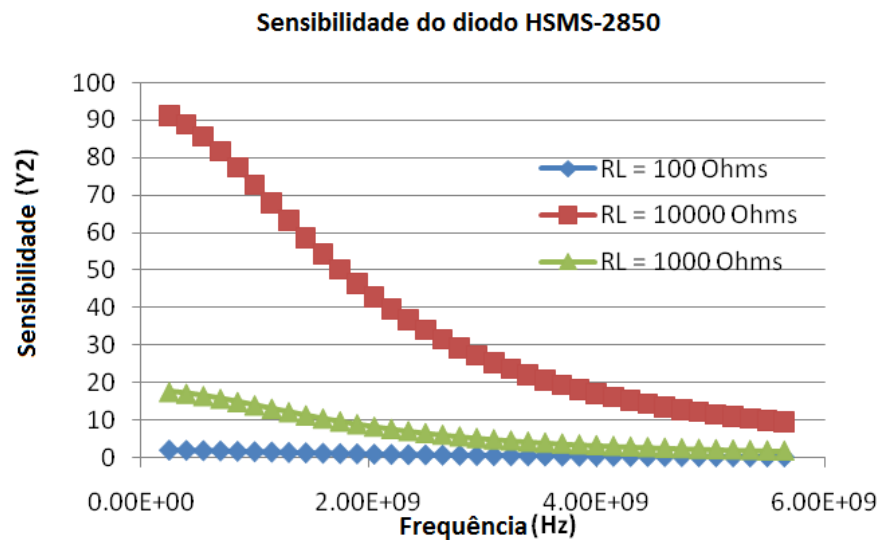


Figura 21 – Sensibilidade do diodo HSMS-2850

Na Figura 21 é possível notar que a sensibilidade do diodo aumenta com a resistência de carga, mas decresce com a frequência. Na frequência de 402 MHz o valor da sensibilidade é de $1,89 \text{ mV}/\mu\text{W}$, para uma impedância de carga de 100Ω , de $17,16 \text{ mV}/\mu\text{W}$, para uma impedância de carga de 1.000Ω e de $88,87 \text{ mV}/\mu\text{W}$, para uma impedância de carga de 10.000Ω . Esses resultados são compatíveis com os resultados obtidos em [7] e permitem concluir que, para o diodo HSMS-2850, se é desejado obter uma elevada tensão na saída com uma baixa potência de entrada, é necessária uma alta impedância de carga.

8. Projeto da bateria virtual

O diagrama de blocos mostrado na Figura 22 especifica a estrutura geral de uma bateria virtual.

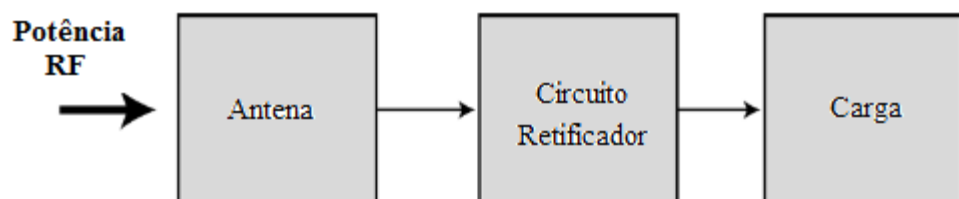


Figura 22 - Diagrama de blocos de uma bateria virtual

Nessa figura observa-se que a antena foi ligada ao retificador sem que haja um circuito de adaptação entre eles, o que quer dizer que o circuito de adaptação é feito na própria antena.

Fazer a adaptação na própria antena aumenta a eficiência da bateria virtual, pois não há outros componentes para causarem perdas no circuito. Entretanto, isso só é possível se os parâmetros da antena são conhecidos. Se eles não o forem, há a necessidade de um circuito externo de adaptação na bateria virtual e o novo diagrama de blocos é mostrado na Figura 23.

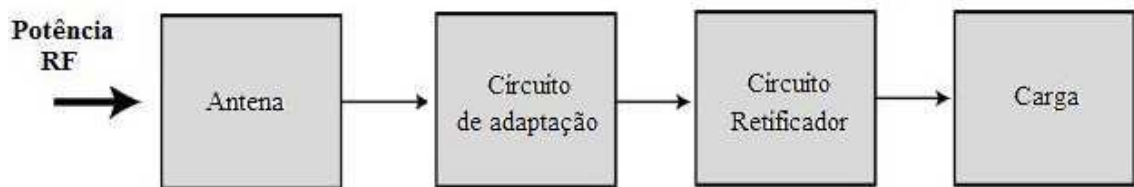


Figura 23 - Diagrama de blocos de uma bateria virtual com circuito de adaptação

O circuito elétrico que representa o diagrama de blocos da Figura 23 é representado na Figura 24.

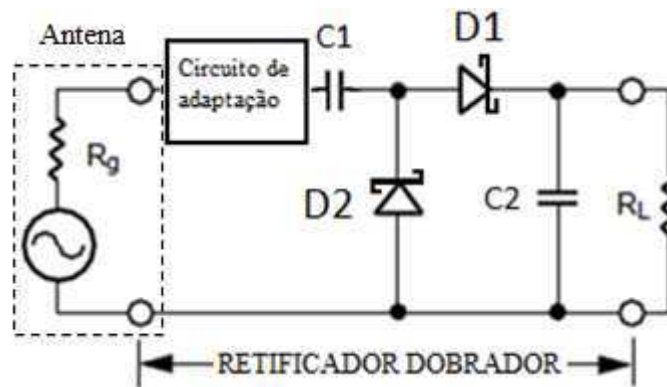


Figura 24 - Circuito elétrico que representa a bateria virtual

No circuito da Figura 24 R_g é a impedância da fonte, cujo valor é normalmente 50Ω , R_L é a resistência da carga, $D1$ e $D2$ são os diodos Schottky HSMS-2850, $C1$ é o capacitor granpeador e $C2$ o capacitor que atua como filtro.

A escolha dos valores de $C1$ e $C2$ foi feita levando em conta que $C1$ deve descarregar o mais rápido possível e que $C2$ não deve perder muito de sua tensão de carga durante o tempo em que está sendo descarregado (ver a seção “Dobrador de

Tensão). Nesse caso, os valores escolhidos de $C1$ e de $C2$ foram 10pF e 500pF , respectivamente.

O circuito da bateria virtual foi projetado no ADS e foi analisado em duas situações diferentes, a primeira utilizando o circuito retificador dobrador sem o circuito de adaptação e a segunda incluindo um circuito de adaptação ao sistema.

As duas situações citadas foram consideradas para analisar alguns parâmetros do desempenho do circuito, tais como a eficiência para diferentes valores de potência de entrada e resistência de carga, a tensão de saída, as perdas por reflexão e as oscilações na tensão de saída.

Para a primeira situação, o circuito projetado no ADS está mostrado na Figura 26 e consiste de uma fonte de potência e do circuito retificador dobrador.

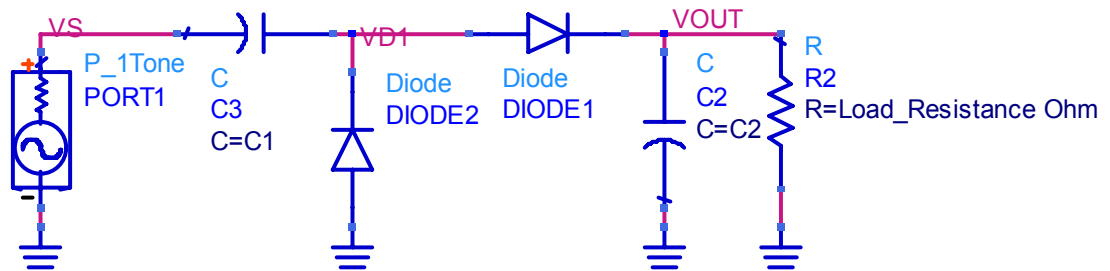
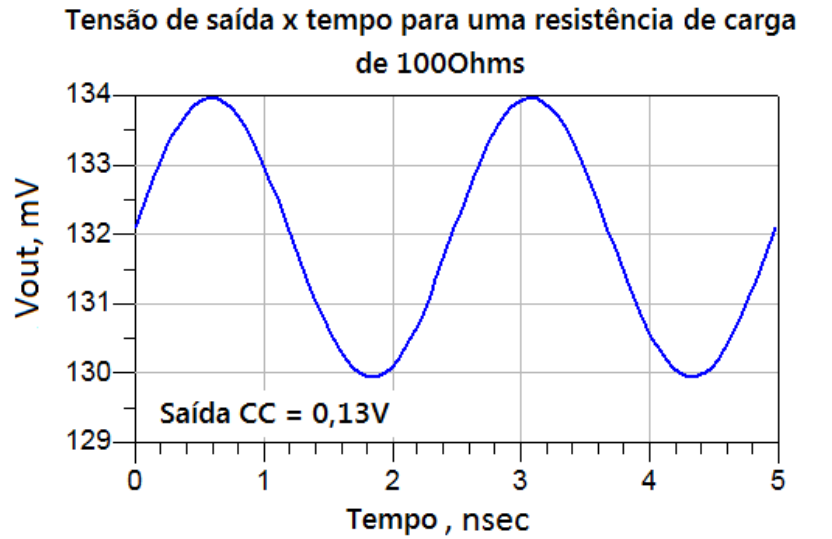


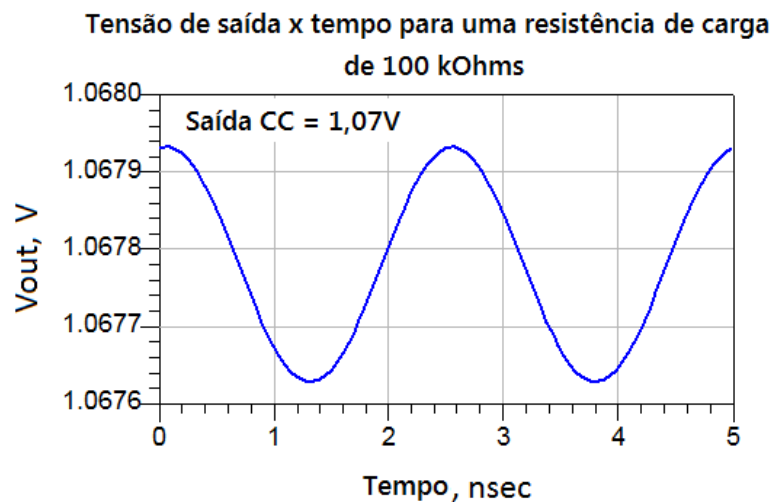
Figura 25 – Projeto do circuito da bateria virtual no ADS sem o circuito de adaptação

A primeira simulação tinha como objetivo encontrar os valores ótimos dos capacitores $C1$ e $C2$ de modo que a tensão de saída fosse a máxima possível. O resultado da simulação para uma tensão máxima de saída de $1,2\text{V}$ resultou nos valores anteriormente citados de $C1$ e $C2$.

Com todos os parâmetros do circuito calculados, uma segunda simulação foi feita para ver a ondulação na tensão de saída para dois valores diferentes de resistência de carga, um valor baixo de 100Ω e um valor alto de $100\text{k}\Omega$. Os resultados obtidos podem ser visualizados nas Figuras 27 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 26 – Ondulação na tensão de saída da bateria virtual mostrada na Figura 24, em (a) para uma carga de 100 Ω e em (b) para uma carga de 100k Ω

Os resultados mostrados na Figura 25 permitem observar que há uma variação de 4mV (3%) na tensão de saída, para o circuito com uma resistência de carga de 100 Ω , e de 0,3mV (0,02%), para uma resistência de 100k Ω . Permitindo concluir que os valores de C1 e de C2 foram bem escolhidos.

Depois de analisar a escolha dos valores dos capacitores, o circuito da bateria virtual foi analisado para diferentes valores da tensão de entrada, a fim de verificar o

comportamento do retificador dobrador. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre a tensão de saída e a tensão de entrada do circuito da Figura 24

Fonte de tensão (Vs)	Tensão de saída (Vout)
0,63	1,16
0,71	1,31
0,80	1,48
0,89	1,67
1,00	1,89
1,12	2,13
1,26	2,40
1,41	2,70
1,59	3,04
1,78	3,43
1,98	3,67

Na Tabela 1 é possível perceber que o retificador dobrador está funcionando de acordo com o esperado, pois a tensão de saída do circuito é quase duas vezes a tensão de entrada.

Uma vez sabido que o funcionamento do retificador dobrador está de acordo com o esperado e que não há grandes oscilações na tensão de saída do circuito, uma terceira simulação foi realizada com o objetivo de verificar a eficiência do circuito. Para isso, dois parâmetros do circuito foram variados. O primeiro deles foi a resistência de carga e o segundo, a potência de entrada.

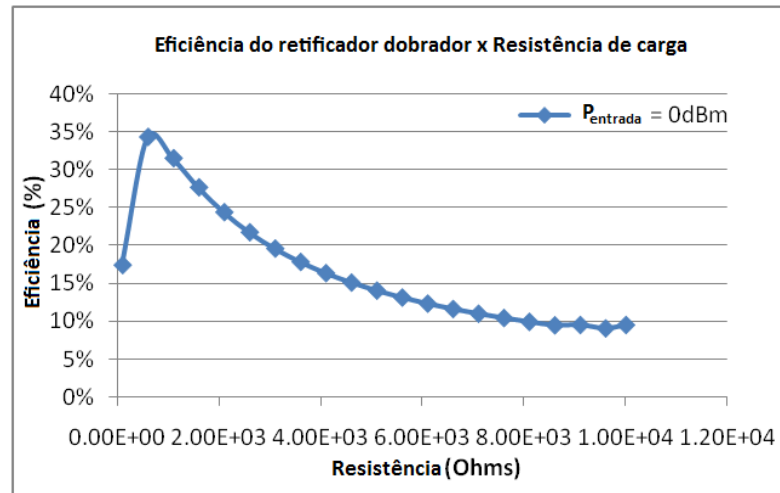
A eficiência do circuito foi calculada por meio da equação (19),

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \quad (19).$$

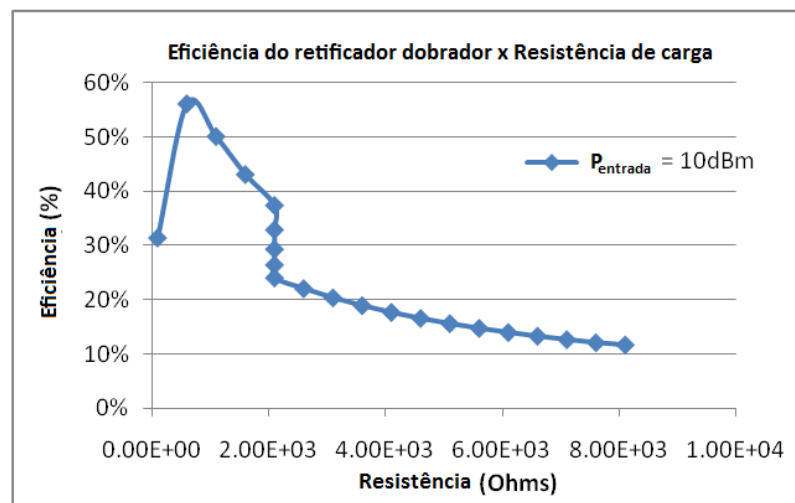
O objetivo dessa terceira simulação foi encontrar valores de potência de entrada e para a resistência de carga que maximizassem a eficiência do circuito. Os resultados obtidos, em sua integridade, encontram-se no Anexo 1 deste relatório.

Primeiramente, a análise da eficiência foi feita com relação à resistência de carga e, nesse caso, a potência de entrada do circuito foi mantida fixa. Um valor de

potência alto (0dBm) e outro baixo (10dBm) foram utilizados. O resultado da simulação encontra-se na Figura 27.



(a)



(b)

Figura 27 – Comportamento da eficiência da bateria virtual versus a resistência de carga para um dado valor de potência de entrada. Em (a) $P_{\text{entrada}} = 0\text{dBm}$ e em (b) $P_{\text{entrada}} = 10\text{dBm}$.

A partir dos gráficos da Figura 27 é possível concluir que existe um valor de resistência entre 0 e 2000Ω para o qual a eficiência do circuito é máxima e depois desse valor a eficiência começa a decrescer com o aumento da resistência.

Uma vez realizada essa simulação, outra foi realizada, mas dessa vez a resistência de carga foi fixada e o que foi variado foi a potência de entrada. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 28.

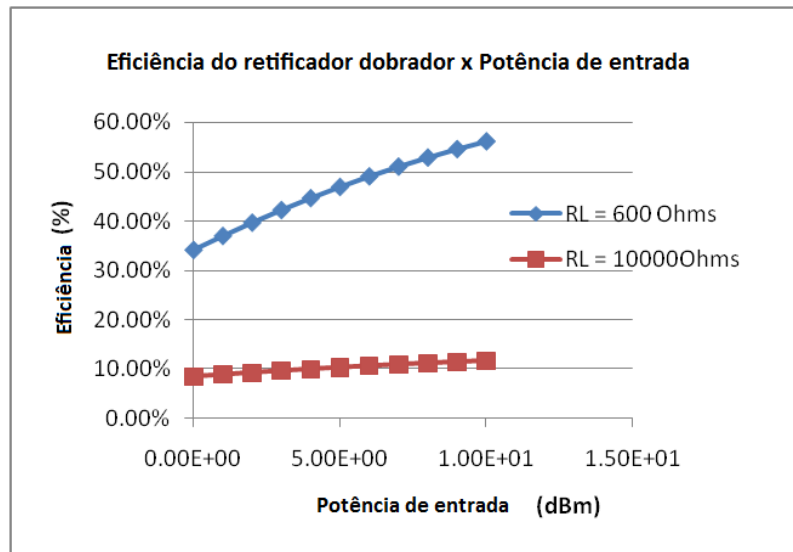
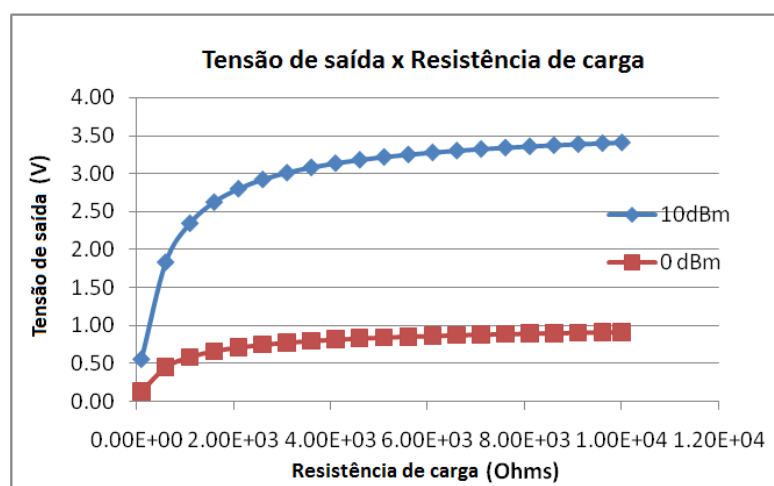


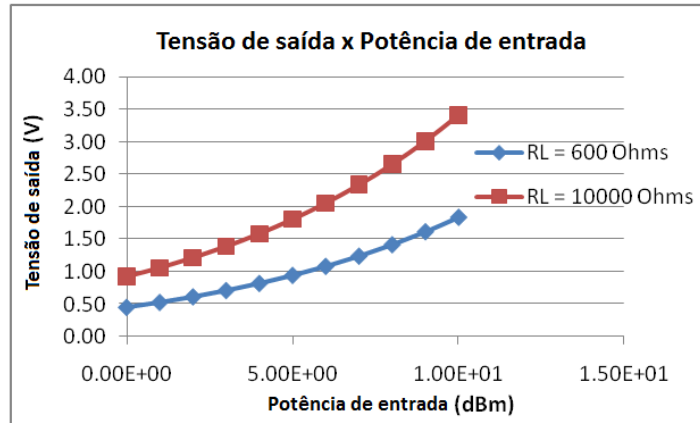
Figura 28 - Comportamento da eficiência da bateria virtual versus a potência de entrada para uma dada resistência

A partir do gráfico da Figura 28 é possível concluir que a eficiência do circuito aumenta com o aumento da potência de entrada.

Uma terceira análise sobre o circuito da bateria virtual foi feita, desta vez para analisar o comportamento da tensão de saída, primeiramente observando seu comportamento para diferentes valores de resistência de carga e depois para diferentes valores de potência de entrada. Os resultados encontrados estão mostrados na figura 29 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 29 – Comportamento da tensão de saída da bateria virtual em (a) com relação a resistência de carga e em (b) com relação a potência de entrada

A partir das Figuras 27, 29 e 29 (a) é possível concluir que o circuito da bateria virtual apresenta melhores desempenhos para altos valores de potência de entrada e baixos valores de resistência de carga. Entretanto, na figura 29 (a), a curva azul permite concluir que se chega a um ponto em que a tensão de saída do circuito permanece em torno de 3,5V, o que significa uma diminuição da eficiência. Esse valor de tensão na saída é esperado por conta do valor de máxima tensão reversa do diodo Schottky HSMS-2850.

Na tabela que espelha o resultado completo da simulação, a potência de entrada foi variada de 0 a 20dBm e a resistência de carga de 100 à 10.000 Ohms. A máxima eficiência, no valor de 56%, foi encontrada para uma resistência de carga de 600Ω e potência de entrada de 10dBm. É importante salientar nesse ponto que valores de potência de entrada negativos não foram considerados, pois os resultados obtidos com esses valores eram desprezíveis. O resultado para máxima eficiência encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Eficiência da bateria virtual para uma impedância de carga de 600Ω. A máxima eficiência foi encontrada em 10dBm de potência de entrada

Resistência de carga - RL (Ohms)	P _{entrada} (dBm)	Frequência (Hz)	I _{out} (A)	V _{out} (V)	P _{entrada} (mW)	P _{saída} (mW)	Eficiência (%)
600,00	0,00E+00	0,00E+00	7,56E-04	4,53E-01	1,00	0,34	34%
600,00	1,00E+00	0,00E+00	8,82E-04	5,29E-01	1,26	0,47	37%
600,00	2,00E+00	0,00E+00	1,02E-03	6,15E-01	1,58	0,63	40%
600,00	3,00E+00	0,00E+00	1,19E-03	7,12E-01	2,00	0,84	42%
600,00	4,00E+00	0,00E+00	1,37E-03	8,21E-01	2,51	1,12	45%
600,00	5,00E+00	0,00E+00	1,57E-03	9,44E-01	3,16	1,49	47%
600,00	6,00E+00	0,00E+00	1,80E-03	1,08E+00	3,98	1,95	49%
600,00	7,00E+00	0,00E+00	2,07E-03	1,24E+00	5,01	2,56	51%
600,00	8,00E+00	0,00E+00	2,36E-03	1,41E+00	6,31	3,34	53%
600,00	9,00E+00	0,00E+00	2,69E-03	1,61E+00	7,94	4,34	55%
600,00	1,00E+01	0,00E+00	3,06E-03	1,84E+00	10,00	5,61	56%

Apesar de 56% de eficiência ser um bom resultado, a potência de entrada requerida para obtê-lo é de 10dBm, o que é uma potência bastante elevada e, nessas condições, a tensão de saída é de 1,84V, que não é suficiente para alimentar uma bateria normal, que requer uma tensão em torno de 2,34V [17]. Assim, o circuito estudado não é apropriado para a aplicação desse projeto, que requer um circuito que trabalhe a baixas potências de entrada e com alta tensão de saída. Dessa forma, será acrescentado ao circuito estudado um circuito de adaptação, com objetivo de diminuir a potência requerida na entrada e também aumentar a tensão de saída.

O circuito da bateria virtual com circuito de adaptação será estudado no tópico subsequente.

8.1. Circuito de adaptação para circuitos que trabalham em radio frequência

Quando a impedância da rectena é diferente do complexo conjugado da impedância da fonte, existem perdas por reflexão, pois uma parte da potência incidente será refletida de volta para a fonte e então perdida. Para evitar essas perdas existem os circuitos de adaptação.

No caso da bateria virtual, a impedância de entrada é calculada usando o modelo linear do diodo dado na Figura 18, o que faz com que o cálculo dessa impedância seja dependente da corrente que atravessa o diodo e também da frequência de operação do circuito. Dessa forma, esses parâmetros devem ser quantificados. A corrente que atravessa o diodo é escolhida de acordo com a potência de entrada fornecida ao circuito, e a frequência de operação é àquela anteriormente citada, ou seja, 402 MHz.

Além dos parâmetros corrente e frequência, a resistência de carga também tem influência no cálculo da impedância do circuito, e dessa forma, também deve ser quantificada. A resistência de carga escolhida foi de $20\text{k}\Omega$, pois esse valor de resistência deu uma tensão de saída de 1V para uma potência de entrada de 0dBm (Anexo 2).

O valor escolhido da corrente que atravessa o diodo foi de $3\mu\text{A}$, pois é o valor da corrente que corresponde a uma potência de entrada de -16dBm (Anexo 2)

Uma vez que os parâmetros corrente, frequência e resistência de carga foram escolhidos o circuito foi projetado no ADS para cálculo da impedância. Como normalmente a impedância das antenas é de 50Ω , então a impedância do sistema foi calculada para ser adaptada a 50Ω . O resultado do circuito simulado está mostrado na Figura 30.

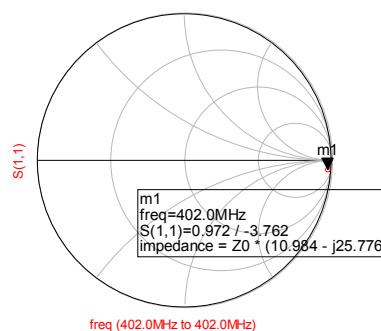


Figura 30 – Impedância de entrada para o circuito dobrador com uma resistência de carga de $20\text{k}\Omega$ e potência de entrada de -16dBm.

Pegando o valor da impedância na Figura 30 tem-se a equação (20),

$$Z_{entrada} = 50 \times (10,98 - j25,78) = 549,20 + j1.289,00 \text{ Ohms} \quad (20),$$

Ou ainda, em termos de admitância

$$Y_{entrada} = (0,228 + j6,57) \times 10^{-8} \text{ S} \quad (21)$$

Uma vez conhecido o valor da impedância de entrada, é possível projetar o circuito de adaptação. No caso desse projeto, é preferível utilizar circuitos com indutâncias em vez de stubs, visto que circuitos com indutâncias são, em geral, mais precisos e ocupam menos espaço. Se a parte real da impedância de entrada é maior que 50Ω , o circuito de adaptação deve ser como mostrado na Figura 31.

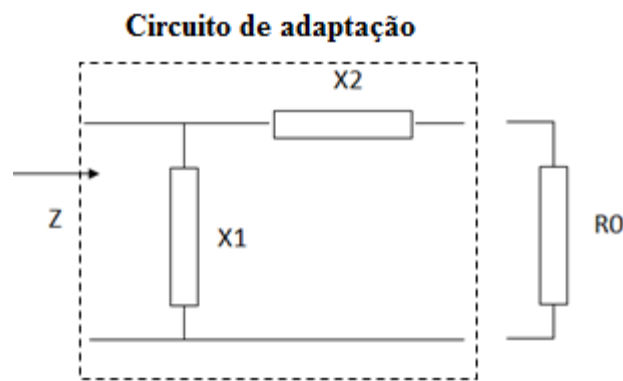


Figura 31 – Circuito de adaptação. Na figura, Z é a impedância de entrada e R0 é a impedância da fonte

Os valores de X1 e de X2 são calculados utilizando as equações (22) e (23),

$$X_1 = \sqrt{R0 \left(\frac{1}{G} - R0 \right)} \quad (22),$$

$$X_2 = \sqrt{G \left(\frac{1}{R0} - G \right)} - B \quad (23).$$

Nessas equações R0 é 50Ω , G é a parte real e B a parte imaginária da admitância de entrada.

Substituindo esses valores nas equações (22) e (23), o valor obtido para X1 é de $419,79\Omega$ e para X2 é de $3,00 \times 10^{-3}\Omega$. Usando o valor de X1 deduz-se uma capacitância de $8,44\text{pF}$ e usando o valor de X2 deduz-se um valor de indutância de $131,96\text{nH}$. Colocando esses dois componentes no circuito de adaptação, obtém-se o circuito da Figura 32.

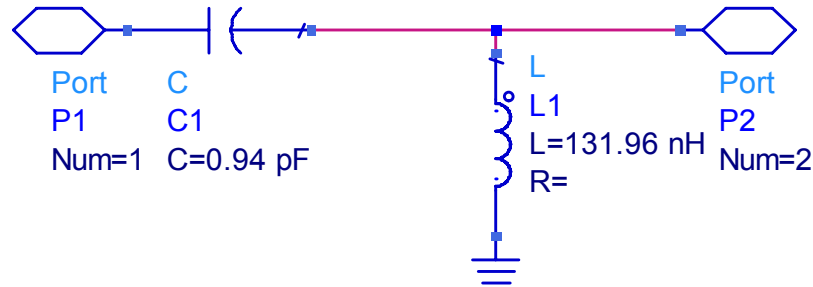


Figura 32 – Circuito de adaptação simulado no ADS, na qual P1 representa a resistência R_0 e P2 representa da impedância de entrada.

Uma vez obtido o circuito de adaptação, ele foi colocado junto com o circuito da bateria virtual e a impedância do circuito foi calculada. O resultado pode ser visualizado na Figura 33 na carta de Smith.

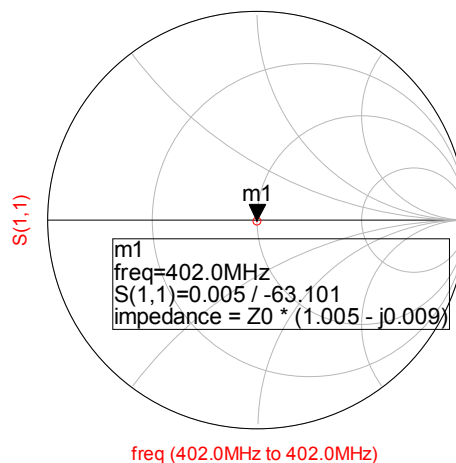


Figura 33 – Impedância de entrada do circuito da bateria virtual com circuito de adaptação. No circuito a resistência de carga é de $20k\Omega$ e a potência de entrada de $-16dBm$.

De acordo com a Figura 33, o circuito projetado encontra-se em boa adaptação com o circuito da bateria virtual.

Uma vez possuindo o circuito completo da bateria virtual, ou seja, com o circuito de adaptação, é necessário verificar as perdas por reflexão, ou seja, o parâmetro S11, com relação à frequência de operação do circuito. Esse parâmetro é também uma parte crítica do circuito.

O parâmetro S11 do circuito foi simulado no ADS para diferentes valores de frequência e o resultado obtido é mostrado na Figura 34.

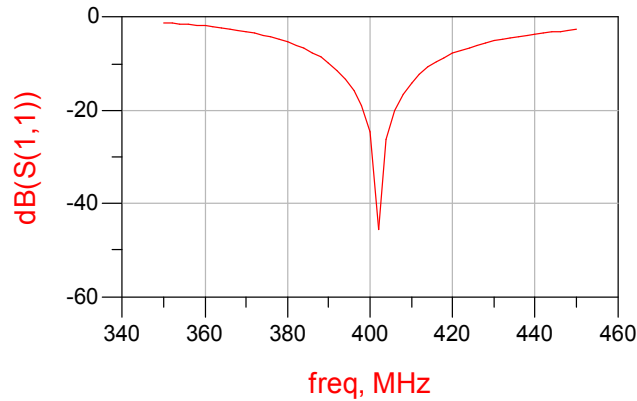


Figura 34 – Perdas por reflexão para diferentes valores de frequência.

Na Figura 34 é possível concluir que as perdas de reflexão para a frequência de operação são muito baixas.

Uma análise similar foi feita com relação a potência de entrada, sendo o resultado mostrado na Figura 35.

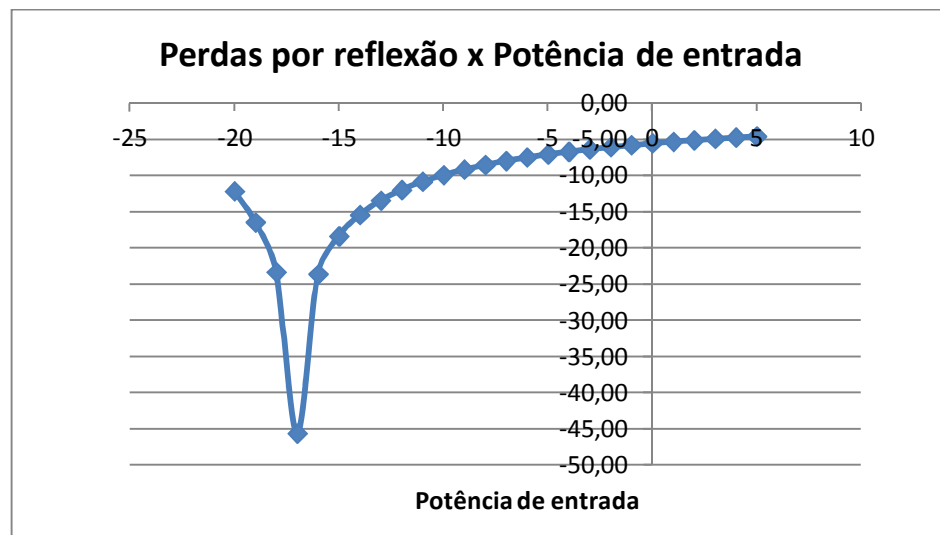


Figura 35 – Perdas de reflexão para diferentes valores de potência de entrada

De acordo com a Figura 35 as perdas por reflexão na frequência de operação são desprezíveis.

Uma vez projetado e todos os parâmetros analisados, o circuito completo da bateria virtual foi simulado no ADS. O circuito simulado foi o da Figura 36.

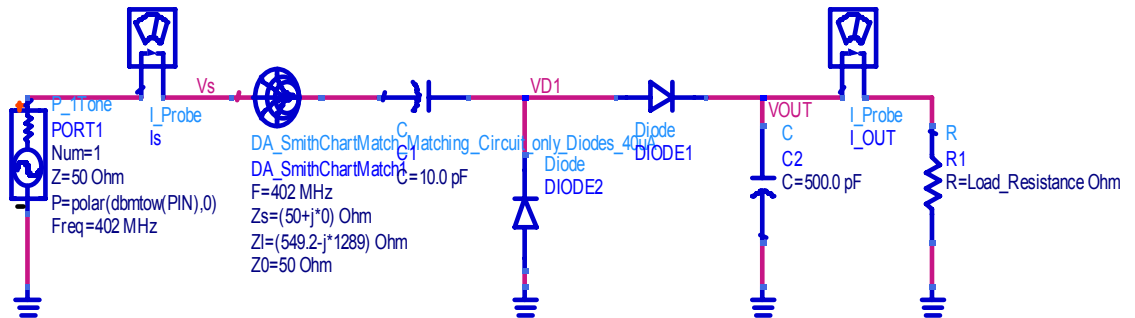


Figura 36 - Circuito completo da bateria virtual projetado no ADS.

É importante destacar que na Figura 36 o circuito de adaptação está representado pela carta de Smith.

9. Resultados

A eficiência do circuito completo da bateria foi calculada, da mesma forma que foi feito para o circuito sem a adaptação. Os resultados obtidos são mostrados nas Figuras 37 e 38. A tabela com o resultado completo encontra-se no anexo 3 desse relatório.

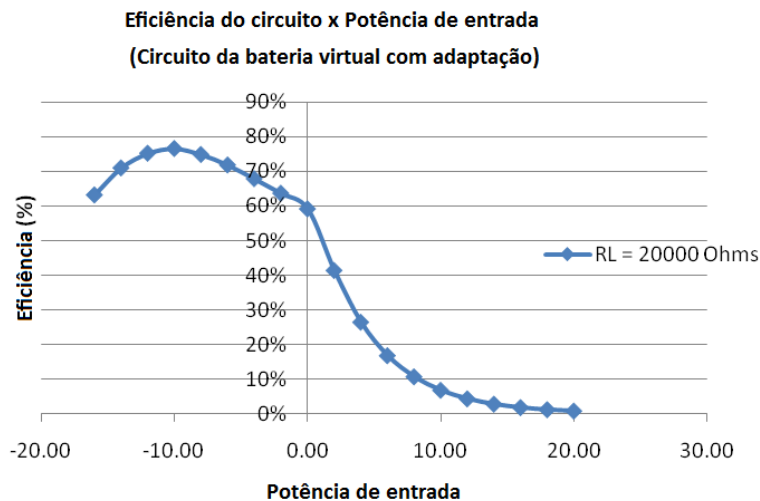


Figura 37 – Eficiência do circuito para diferentes valores de potência de entrada

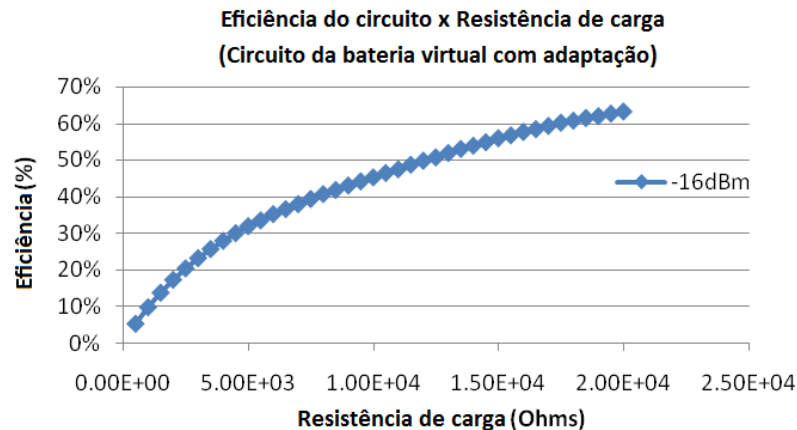


Figura 38 – Eficiência da bateria virtual para diferentes valores de resistência de carga.

Comparando a Figura 36 com a Figura 29 (a) e (b) pode-se concluir que a desempenho do diodo é melhor quando operando a baixas potências, como previsto pelo *datasheet* do dispositivo.

A máxima eficiência encontrada para o circuito com adaptação é de 77% para uma resistência de carga de 20kΩ e potência de entrada de -10 dBm. Entretanto, valores de eficiência da ordem de 50%, que também são considerados bons, podem ser encontrados para valores de resistências mais baixos.

Os resultados de eficiência do circuito da bateria virtual para uma resistência de carga de 20kΩ podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Desempenho da bateria virtual para uma resistência de carga de 20kΩ

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psáida (mW)	Eficiência(%)
2,00E+04	-16,00	2,82E-05	5,63E-01	2,51E-02	1,59E-02	63%
2,00E+04	-14,00	3,76E-05	7,52E-01	3,98E-02	2,83E-02	71%
2,00E+04	-12,00	4,87E-05	9,75E-01	6,31E-02	4,75E-02	75%
2,00E+04	-10,00	6,18E-05	1,24E+00	1,00E-01	7,66E-02	77%
2,00E+04	-8,00	7,71E-05	1,54E+00	1,58E-01	1,19E-01	75%
2,00E+04	-6,00	9,50E-05	1,90E+00	2,51E-01	1,81E-01	72%
2,00E+04	-4,00	1,16E-04	2,33E+00	3,98E-01	2,70E-01	68%
2,00E+04	-2,00	1,42E-04	2,83E+00	6,31E-01	4,02E-01	64%
2,00E+04	0,00	1,72E-04	3,44E+00	1,00E+00	5,92E-01	59%
2,00E+04	2,00	1,81E-04	3,62E+00	1,58E+00	6,55E-01	41%
2,00E+04	4,00	1,82E-04	3,64E+00	2,51E+00	6,62E-01	26%
2,00E+04	6,00	1,82E-04	3,65E+00	3,98E+00	6,64E-01	17%
2,00E+04	8,00	1,83E-04	3,65E+00	6,31E+00	6,68E-01	11%
2,00E+04	10,00	1,83E-04	3,65E+00	1,00E+01	6,68E-01	7%
2,00E+04	12,00	1,83E-04	3,65E+00	1,58E+01	6,68E-01	4%
2,00E+04	14,00	1,83E-04	3,66E+00	2,51E+01	6,70E-01	3%
2,00E+04	16,00	1,83E-04	3,66E+00	3,98E+01	6,70E-01	2%
2,00E+04	18,00	1,83E-04	3,66E+00	6,31E+01	6,70E-01	1%
2,00E+04	20,00	1,83E-04	3,66E+00	1,00E+02	6,70E-01	1%

Observa-se dos resultados mostrados na tabela 3 que, para uma potência de entrada de 6 a 20 dBm, a tensão de saída permanece em um mesmo valor, o que faz com que a eficiência da bateria diminua. É possível observar também que em -4 dBm a bateria virtual é capaz de gerar uma tensão de saída da ordem das tensões das baterias normais existentes no mercado.

Para regular a tensão de saída, assegurando que seu valor não exceda 2,4V, no circuito da bateria virtual, foi utilizado um diodo Zener, dando o circuito da Figura 39.

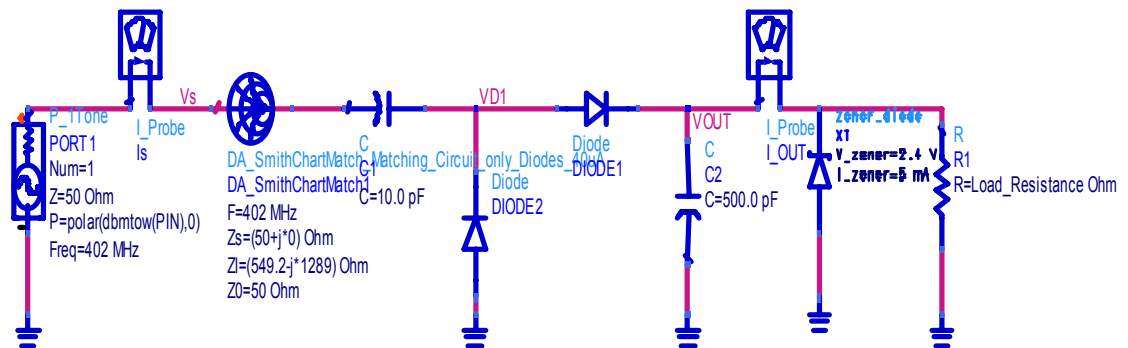


Figura 39 – Projeto da bateria virtual com o regulador Zener.

10. Antena

O objetivo desse projeto não é projetar a antena ótima para ser colocada junto à bateria virtual. Esse assunto é tratado no segundo projeto anteriormente mencionado. Entretanto, para nível de teste, uma antena será projetada apenas para visualizar seu funcionamento junto ao circuito da bateria projetado.

Uma antena Microfita, que é um tipo popular de antena que é fácil de fabricar e de modificar [18], foi utilizada. Para obter o projeto dessa antena foi utilizado um software encontrado em [19]. O projeto obtido é mostrado na Figura 40.

Relatório de estágio

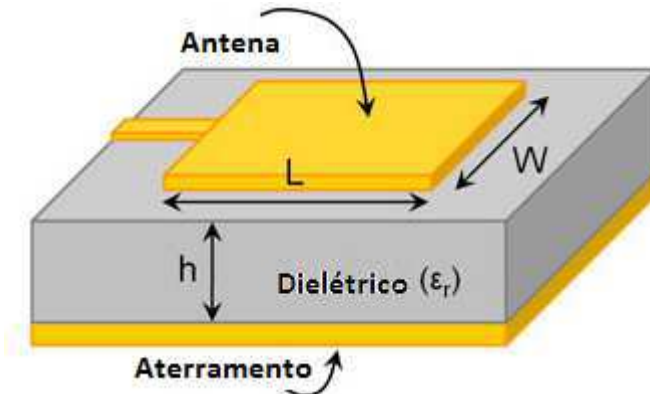


Figura 40 - Projeto da antena proposto pelo programa.

Na Figura 40, W é a largura da antena, L é o comprimento da antena, h a espessura do substrato da antena e ϵ_r a constante dielétrica do substrato.

Normalmente a largura da antena é igual ao seu comprimento de forma a obter uma radiação uniforme [19], entretanto ajustes são sempre necessários para fazer a antena ressonar na frequência de trabalho [4], nesse caso a 402MHz.

A antena Microfitas proposta por [19] foi projetada no *CST Studio Suite 2006B* em um substrato com permissividade 3 e 0,5mm de espessura. A antena projetada está mostrada na Figura 41.

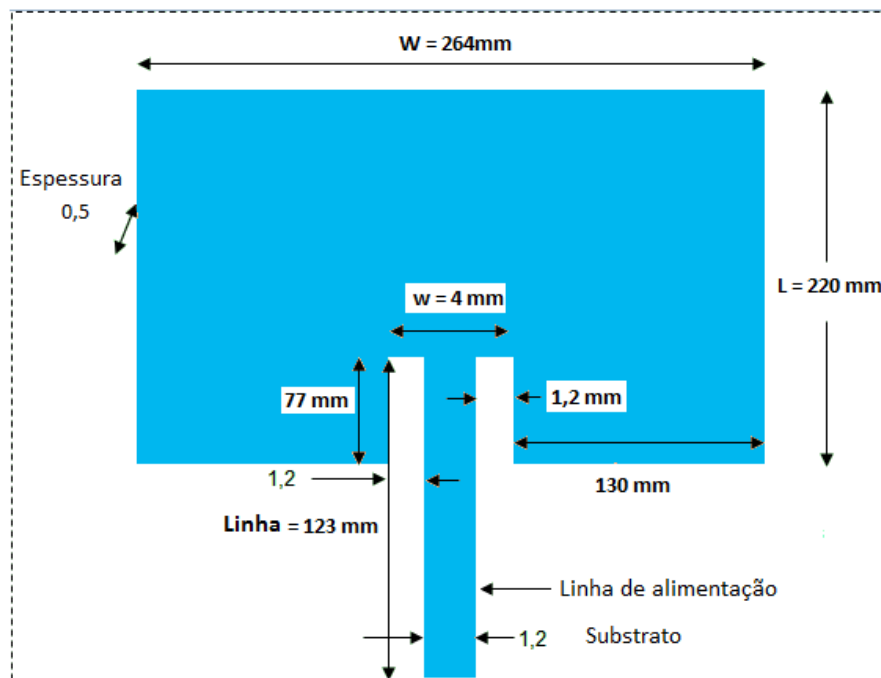


Figura 41 – Antena projetada no CST

A antena projetada foi simulada e analisada quanto as perdas de reflexão e diagrama de radiação. Os resultados encontram-se nas Figuras 42 e 43.

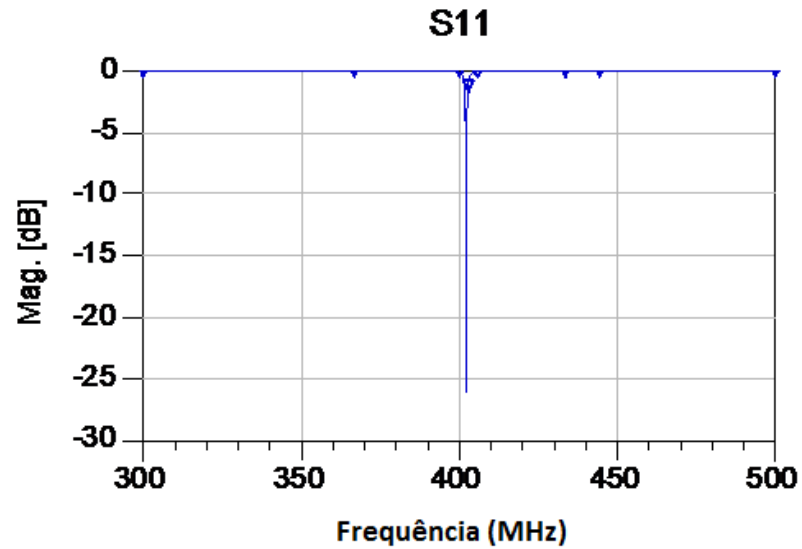


Figura 42 – Perdas por reflexão para a antena Microfita projetada

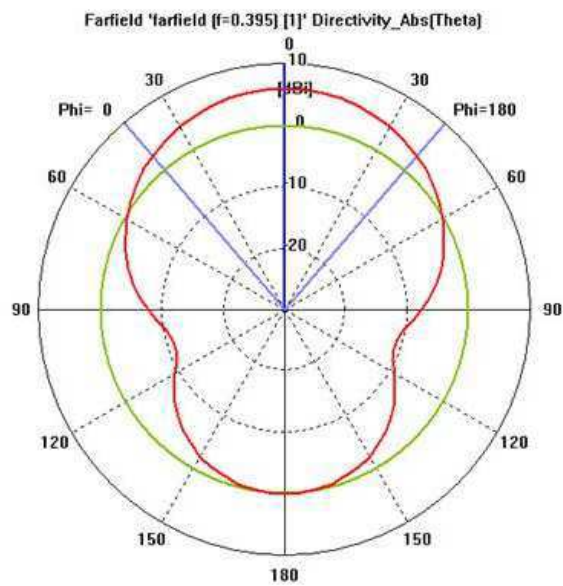


Figura 43 – Diagrama de radiação da antena projetada



11. Conclusão

Vida útil curta tem sido um problema crítico para micro-sensores que trabalham dentro do corpo humano, pois sua fonte de alimentação tem vida útil curta e são, em geral, insubstituíveis. Com o objetivo de aumentar a vida útil desses micro-sensores, nesse projeto foi demonstrado que um sistema chamado de rectena ou bateria virtual, que consiste de um sistema composto de um retificador dobrador, um circuito de adaptação e uma antena, é capaz de alimentar esse micro-sensor de forma eficiente aproveitando parte da energia que recebe para alimentar o sensor.

Como a bateria, nesse caso, deve trabalhar dentro do corpo humano, ela foi projetada para trabalhar com valores de potência que respeitem a Taxa de Absorção Específica (SAR) e a operar na frequência recomendada pelo Comitê Europeu de Radiocomunicações (ERC) para implantes médicos.

Os resultados obtidos no projeto da bateria mostraram bons valores de tensão de saída, quando comparada aos valores de tensão oferecidos por baterias existentes no mercado, para várias cargas e valores de potência de entrada. A eficiência do circuito projetado chegou a 77% com potência de entrada de -10 dBm.



12. Bibliografia

- [1] SEDRA/SMITH, *Microelectronic Circuits*, OXFORD UNIVERSITY PRESS, Fifth Edition, 2007.
- [2] LUDWIG. Reinhold and BRETCHKO. Pavel, *RF Circuit Design – Theory and Applications*, Prentice Hall.
- [3] H.C., Torrey and C.A., Whitmer, *Crystal Rectifiers*, MIT Radiation Laboratory Series, Vol. 15, McGraw-Hill, 1948.
- [4] STUTZMAN, Warren L. and THIELE, Gary A., *Antenna Theory and Design*, WILEY, Second Edition, 1998.
- [5] R. BUTED. Rolando, *Zero Bias Detector Diodes For The RF/ID Market*, Hewlett Packard Journal, December 1995.
- [6] Agilent Technologies, *Schottky Barrier Diode Video Detectors*, Application Note 923.
- [7] Agilent Technologies, *The Zero Bias Schottky Detector Diode*, Application Note 969,.
- [8] Agilent Technologies, *Designing The Virtual Battery*, Application Note 1088,.
- [9] Agilent Technologies, S – Parameter Design, Application Note 154.
- [10] Tzong Chee Yo, Chien-Ming Lee, Ching Hsing Luo, Chih-Ho Tu and Ying-Zong Juang, *Stacked Implantable rectenna for wireless powering the medical implants*.
- [11] JOE. Jurianto and Y. W. CHIA. Michael, *Voltage, Efficiency Calculation and Measurement of Low Power Rectenna Rectifying Circuit*, IEEE Volume 4, Issue , 21-26 Jun 1998 Page(s):1854 - 1857 vol.4, 1998;
- [12] Theeuwes, Visser, Beurden and Doordeman, *Efficient, Compact, Wireless Battery Design*.
- [13] Akkermans, Beurden, Doodeman and Visser, *Analytical Models for Low-Power Rectenna Design*
- [14] Harrison and Polozec, *Nonsquarelaw Behavior of Diode Detectors Analyzed by the Ritz-Galerkin Method*.
- [15] http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_3/8.html



- [16] http://www.play-hookey.com/ac_theory/ps_v_multipliers.html
- [17] Varta the battery experts
- [18] http://en.wikipedia.org/wiki/Patch_antenna
- [19] <http://www.emtalk.com/mpacalc.php>
- [20] <http://www.mobilemag.com/2004/05/28/the-wireless-m2a-capsule-camera/>
- [21] C.-M. Lee, T.-C. Yo, C.-H. Luo, C.-H. Tu and Y.-Z. Juang, *Compact broadband stacked implantable antenna for biotelemetry with medical devices*

13. Anexo

13.1. Anexo 1

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-03	0,13	1,00	0,17	17,41%
1,00E+02	1,00E+00	0,00E+00	1,55E-03	0,15	1,26	0,24	19,07%
1,00E+02	2,00E+00	0,00E+00	1,81E-03	0,18	1,58	0,33	20,68%
1,00E+02	3,00E+00	0,00E+00	2,11E-03	0,21	2,00	0,44	22,25%
1,00E+02	4,00E+00	0,00E+00	2,44E-03	0,24	2,51	0,60	23,77%
1,00E+02	5,00E+00	0,00E+00	2,82E-03	0,28	3,16	0,80	25,23%
1,00E+02	6,00E+00	0,00E+00	3,26E-03	0,33	3,98	1,06	26,62%
1,00E+02	7,00E+00	0,00E+00	3,74E-03	0,37	5,01	1,40	27,93%
1,00E+02	8,00E+00	0,00E+00	4,29E-03	0,43	6,31	1,84	29,17%
1,00E+02	9,00E+00	0,00E+00	4,91E-03	0,49	7,94	2,41	30,32%
1,00E+02	1,00E+01	0,00E+00	5,60E-03	0,56	10,00	3,14	31,39%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
600,00	0,00E+00	0,00E+00	7,56E-04	0,45	1,00	0,34	34,25%
600,00	1,00E+00	0,00E+00	8,82E-04	0,53	1,26	0,47	37,06%
600,00	2,00E+00	0,00E+00	1,02E-03	0,61	1,58	0,63	39,74%
600,00	3,00E+00	0,00E+00	1,19E-03	0,71	2,00	0,84	42,29%
600,00	4,00E+00	0,00E+00	1,37E-03	0,82	2,51	1,12	44,70%
600,00	5,00E+00	0,00E+00	1,57E-03	0,94	3,16	1,49	46,96%
600,00	6,00E+00	0,00E+00	1,80E-03	1,08	3,98	1,95	49,08%
600,00	7,00E+00	0,00E+00	2,07E-03	1,24	5,01	2,56	51,05%
600,00	8,00E+00	0,00E+00	2,36E-03	1,41	6,31	3,34	52,88%
600,00	9,00E+00	0,00E+00	2,69E-03	1,61	7,94	4,34	54,58%
600,00	1,00E+01	0,00E+00	3,06E-03	1,84	10,00	5,61	56,14%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	5,35E-04	0,59	1,00	0,31	31,45%
1,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	6,22E-04	0,68	1,26	0,43	33,85%
1,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	7,22E-04	0,79	1,58	0,57	36,13%
1,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	8,34E-04	0,92	2,00	0,76	38,30%
1,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	9,60E-04	1,06	2,51	1,01	40,35%
1,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	1,10E-03	1,21	3,16	1,34	42,28%
1,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	1,26E-03	1,39	3,98	1,75	44,08%
1,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	1,44E-03	1,59	5,01	2,29	45,76%
1,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	1,65E-03	1,81	6,31	2,99	47,32%
1,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	1,88E-03	2,06	7,94	3,87	48,78%
1,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	2,13E-03	2,35	10,00	5,01	50,12%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,16E-04	0,66	1,00	0,28	27,63%
1,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	4,83E-04	0,77	1,26	0,37	29,61%



Relatório de estágio

1,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	5,59E-04	0,89	1,58	0,50	31,50%
1,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	6,44E-04	1,03	2,00	0,66	33,30%
1,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	7,41E-04	1,19	2,51	0,88	35,00%
1,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	8,50E-04	1,36	3,16	1,16	36,60%
1,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	9,74E-04	1,56	3,98	1,52	38,09%
1,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	1,11E-03	1,78	5,01	1,98	39,49%
1,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	1,27E-03	2,03	6,31	2,57	40,78%
1,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	1,44E-03	2,31	7,94	3,34	41,99%
1,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,64E-03	2,63	10,00	4,31	43,11%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
2,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,41E-04	0,72	1,00	0,24	24,36%
2,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	3,95E-04	0,83	1,26	0,33	26,03%
2,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,57E-04	0,96	1,58	0,44	27,63%
2,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	5,26E-04	1,10	2,00	0,58	29,14%
2,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	6,05E-04	1,27	2,51	0,77	30,56%
2,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	6,93E-04	1,46	3,16	1,01	31,91%
2,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	7,93E-04	1,67	3,98	1,32	33,16%
2,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	9,05E-04	1,90	5,01	1,72	34,34%
2,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	1,03E-03	2,17	6,31	2,24	35,43%
2,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	1,17E-03	2,47	7,94	2,90	36,45%
2,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,33E-03	2,80	10,00	3,74	37,39%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
2,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,89E-04	0,75	1,00	0,22	21,72%
2,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	3,35E-04	0,87	1,26	0,29	23,15%
2,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,87E-04	1,01	1,58	0,39	24,52%
2,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	4,45E-04	1,16	2,00	0,52	25,81%
2,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,11E-04	1,33	2,51	0,68	27,03%
2,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	5,85E-04	1,52	3,16	0,89	28,18%
2,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,69E-04	1,74	3,98	1,16	29,26%
2,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	7,64E-04	1,99	5,01	1,52	30,27%
2,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	8,70E-04	2,26	6,31	1,97	31,21%
2,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	9,90E-04	2,57	7,94	2,55	32,08%
2,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,12E-03	2,92	10,00	3,29	32,88%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
3,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	0,78	1,00	0,20	19,58%
3,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	2,91E-04	0,90	1,26	0,26	20,82%
3,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,35E-04	1,04	1,58	0,35	22,01%
3,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	3,86E-04	1,20	2,00	0,46	23,14%
3,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,43E-04	1,37	2,51	0,61	24,20%
3,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	5,07E-04	1,57	3,16	0,80	25,21%
3,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,79E-04	1,80	3,98	1,04	26,14%
3,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	6,61E-04	2,05	5,01	1,35	27,02%
3,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	7,53E-04	2,33	6,31	1,76	27,84%



Relatório de estágio

3,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	8,56E-04	2,65	7,94	2,27	28,60%
3,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	9,72E-04	3,01	10,00	2,93	29,30%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
3,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,22E-04	0,80	1,00	0,18	17,82%
3,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	2,57E-04	0,93	1,26	0,24	18,92%
3,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	2,97E-04	1,07	1,58	0,32	19,97%
3,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	3,41E-04	1,23	2,00	0,42	20,96%
3,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	3,91E-04	1,41	2,51	0,55	21,90%
3,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	4,47E-04	1,61	3,16	0,72	22,79%
3,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,11E-04	1,84	3,98	0,94	23,61%
3,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	5,83E-04	2,10	5,01	1,22	24,39%
3,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	6,63E-04	2,39	6,31	1,58	25,11%
3,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	7,54E-04	2,72	7,94	2,05	25,78%
3,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	8,56E-04	3,08	10,00	2,64	26,40%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
4,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-04	0,82	1,00	0,16	16,35%
4,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	2,31E-04	0,95	1,26	0,22	17,34%
4,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	2,66E-04	1,09	1,58	0,29	18,27%
4,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	3,05E-04	1,25	2,00	0,38	19,16%
4,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	3,50E-04	1,44	2,51	0,50	20,00%
4,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	4,00E-04	1,64	3,16	0,66	20,79%
4,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,57E-04	1,87	3,98	0,86	21,53%
4,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	5,21E-04	2,14	5,01	1,11	22,22%
4,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	5,93E-04	2,43	6,31	1,44	22,86%
4,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	6,74E-04	2,76	7,94	1,86	23,46%
4,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	7,65E-04	3,14	10,00	2,40	24,02%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
4,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-04	0,83	1,00	0,15	15,12%
4,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	2,09E-04	0,96	1,26	0,20	16,00%
4,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	2,41E-04	1,11	1,58	0,27	16,85%
4,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	2,77E-04	1,27	2,00	0,35	17,65%
4,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	3,17E-04	1,46	2,51	0,46	18,40%
4,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	3,62E-04	1,67	3,16	0,60	19,11%
4,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,14E-04	1,90	3,98	0,79	19,78%
4,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	4,71E-04	2,17	5,01	1,02	20,40%
4,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	5,36E-04	2,47	6,31	1,32	20,98%
4,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	6,10E-04	2,80	7,94	1,71	21,52%
4,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	6,92E-04	3,18	10,00	2,20	22,03%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
5,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,66E-04	0,85	1,00	0,14	14,06%
5,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	0,98	1,26	0,19	14,86%
5,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	2,20E-04	1,12	1,58	0,25	15,63%
5,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	2,53E-04	1,29	2,00	0,33	16,36%
5,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,90E-04	1,48	2,51	0,43	17,04%
5,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	3,31E-04	1,69	3,16	0,56	17,69%
5,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	3,78E-04	1,93	3,98	0,73	18,30%



Relatório de estágio

5,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	4,31E-04	2,20	5,01	0,95	18,86%
5,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,90E-04	2,50	6,31	1,22	19,39%
5,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	5,56E-04	2,84	7,94	1,58	19,88%
5,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	6,31E-04	3,22	10,00	2,03	20,34%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
5,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,53E-04	0,86	1,00	0,13	13,14%
5,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,77E-04	0,99	1,26	0,17	13,88%
5,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	2,03E-04	1,14	1,58	0,23	14,58%
5,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	2,33E-04	1,31	2,00	0,30	15,25%
5,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,67E-04	1,49	2,51	0,40	15,88%
5,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	3,05E-04	1,71	3,16	0,52	16,47%
5,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	3,48E-04	1,95	3,98	0,68	17,02%
5,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	3,96E-04	2,22	5,01	0,88	17,54%
5,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,51E-04	2,52	6,31	1,14	18,02%
5,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	5,12E-04	2,87	7,94	1,47	18,47%
5,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	5,81E-04	3,25	10,00	1,89	18,89%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
6,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-04	0,87	1,00	0,12	12,34%
6,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,64E-04	1,00	1,26	0,16	13,02%
6,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,88E-04	1,15	1,58	0,22	13,67%
6,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	2,16E-04	1,32	2,00	0,28	14,28%
6,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,47E-04	1,51	2,51	0,37	14,86%
6,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,83E-04	1,72	3,16	0,49	15,40%
6,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	3,22E-04	1,97	3,98	0,63	15,91%
6,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	3,67E-04	2,24	5,01	0,82	16,39%
6,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,17E-04	2,55	6,31	1,06	16,84%
6,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	4,74E-04	2,89	7,94	1,37	17,25%
6,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	5,38E-04	3,28	10,00	1,76	17,63%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaida (mW)	Eficiência (%)
6,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	0,88	1,00	0,12	11,64%
6,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,53E-04	1,01	1,26	0,15	12,27%
6,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,76E-04	1,16	1,58	0,20	12,86%
6,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	1,33	2,00	0,27	13,43%
6,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,31E-04	1,52	2,51	0,35	13,97%
6,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,63E-04	1,74	3,16	0,46	14,47%
6,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	3,00E-04	1,98	3,98	0,59	14,94%
6,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	3,42E-04	2,26	5,01	0,77	15,38%
6,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,89E-04	2,56	6,31	1,00	15,80%
6,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	4,41E-04	2,91	7,94	1,29	16,18%



Relatório de estágio

6,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	5,01E-04	3,30	10,00	1,65	16,54%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
7,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-04	0,88	1,00	0,11	11,01%
7,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,43E-04	1,02	1,26	0,15	11,60%
7,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,65E-04	1,17	1,58	0,19	12,15%
7,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,89E-04	1,34	2,00	0,25	12,68%
7,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,16E-04	1,53	2,51	0,33	13,18%
7,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,47E-04	1,75	3,16	0,43	13,65%
7,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,81E-04	2,00	3,98	0,56	14,09%
7,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	3,20E-04	2,27	5,01	0,73	14,50%
7,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,64E-04	2,58	6,31	0,94	14,88%
7,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	4,13E-04	2,93	7,94	1,21	15,24%
7,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,68E-04	3,32	10,00	1,56	15,57%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
7,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-04	0,89	1,00	0,10	10,45%
7,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,35E-04	1,03	1,26	0,14	11,00%
7,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,55E-04	1,18	1,58	0,18	11,52%
7,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,78E-04	1,35	2,00	0,24	12,01%
7,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	2,03E-04	1,54	2,51	0,31	12,48%
7,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,32E-04	1,76	3,16	0,41	12,91%
7,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,64E-04	2,01	3,98	0,53	13,32%
7,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	3,01E-04	2,28	5,01	0,69	13,71%
7,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,42E-04	2,60	6,31	0,89	14,06%
7,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	3,88E-04	2,95	7,94	1,14	14,40%
7,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,40E-04	3,34	10,00	1,47	14,71%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
8,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04	0,90	1,00	0,10	9,95%
8,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,28E-04	1,03	1,26	0,13	10,46%
8,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,46E-04	1,19	1,58	0,17	10,95%
8,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,68E-04	1,36	2,00	0,23	11,41%
8,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	1,55	2,51	0,30	11,85%
8,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,19E-04	1,77	3,16	0,39	12,26%
8,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,49E-04	2,02	3,98	0,50	12,64%
8,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	2,84E-04	2,30	5,01	0,65	13,00%
8,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,22E-04	2,61	6,31	0,84	13,34%
8,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	3,66E-04	2,96	7,94	1,08	13,65%
8,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,15E-04	3,36	10,00	1,39	13,94%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
8,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	0,90	1,00	0,09	9,50%
8,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,21E-04	1,04	1,26	0,13	9,98%
8,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,39E-04	1,19	1,58	0,17	10,43%
8,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,59E-04	1,37	2,00	0,22	10,87%



Relatório de estágio

8,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	1,81E-04	1,56	2,51	0,28	11,28%
8,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	2,07E-04	1,78	3,16	0,37	11,66%
8,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,36E-04	2,03	3,98	0,48	12,02%
8,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	2,68E-04	2,31	5,01	0,62	12,36%
8,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,05E-04	2,62	6,31	0,80	12,68%
8,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	3,46E-04	2,98	7,94	1,03	12,97%
8,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	3,92E-04	3,38	10,00	1,32	13,25%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
9,10E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,99E-05	0,91	1,00	0,09	9,08%
9,10E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	1,05	1,26	0,12	9,54%
9,10E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,20	1,58	0,16	9,97%
9,10E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,51E-04	1,37	2,00	0,21	10,38%
9,10E+03	4,00E+00	0,00E+00	1,72E-04	1,57	2,51	0,27	10,76%
9,10E+03	5,00E+00	0,00E+00	1,97E-04	1,79	3,16	0,35	11,13%
9,10E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,24E-04	2,04	3,98	0,46	11,47%
9,10E+03	7,00E+00	0,00E+00	2,55E-04	2,32	5,01	0,59	11,79%
9,10E+03	8,00E+00	0,00E+00	2,89E-04	2,63	6,31	0,76	12,08%
9,10E+03	9,00E+00	0,00E+00	3,28E-04	2,99	7,94	0,98	12,36%
9,10E+03	1,00E+01	0,00E+00	3,72E-04	3,39	10,00	1,26	12,62%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
9,60E+03	0,00E+00	0,00E+00	9,52E-05	0,91	1,00	0,09	8,70%
9,60E+03	1,00E+00	0,00E+00	1,09E-04	1,05	1,26	0,11	9,13%
9,60E+03	2,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	1,20	1,58	0,15	9,54%
9,60E+03	3,00E+00	0,00E+00	1,44E-04	1,38	2,00	0,20	9,93%
9,60E+03	4,00E+00	0,00E+00	1,64E-04	1,58	2,51	0,26	10,29%
9,60E+03	5,00E+00	0,00E+00	1,87E-04	1,80	3,16	0,34	10,64%
9,60E+03	6,00E+00	0,00E+00	2,13E-04	2,05	3,98	0,44	10,96%
9,60E+03	7,00E+00	0,00E+00	2,42E-04	2,33	5,01	0,56	11,26%
9,60E+03	8,00E+00	0,00E+00	2,75E-04	2,64	6,31	0,73	11,54%
9,60E+03	9,00E+00	0,00E+00	3,13E-04	3,00	7,94	0,94	11,81%
9,60E+03	1,00E+01	0,00E+00	3,54E-04	3,40	10,00	1,21	12,05%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	9,18E-05	0,92	1,00	0,08	8,43%
1,00E+04	1,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	1,05	1,26	0,11	8,84%
1,00E+04	2,00E+00	0,00E+00	1,21E-04	1,21	1,58	0,15	9,23%
1,00E+04	3,00E+00	0,00E+00	1,38E-04	1,38	2,00	0,19	9,60%
1,00E+04	4,00E+00	0,00E+00	1,58E-04	1,58	2,51	0,25	9,95%
1,00E+04	5,00E+00	0,00E+00	1,80E-04	1,80	3,16	0,33	10,28%
1,00E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,05E-04	2,05	3,98	0,42	10,59%
1,00E+04	7,00E+00	0,00E+00	2,33E-04	2,33	5,01	0,55	10,88%
1,00E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,65E-04	2,65	6,31	0,70	11,15%
1,00E+04	9,00E+00	0,00E+00	3,01E-04	3,01	7,94	0,91	11,40%
1,00E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,41E-04	3,41	10,00	1,16	11,63%



13.2. Anexo 2

Pin (dBm)	Freq (Hz)	Vout (V)	Iout (A)
-2,00E+01	0,00E+00	3,24E-02	1,62E-06
-1,90E+01	0,00E+00	4,01E-02	2,01E-06
-1,80E+01	0,00E+00	4,94E-02	2,47E-06
-1,70E+01	0,00E+00	6,07E-02	3,03E-06
-1,60E+01	0,00E+00	7,41E-02	3,71E-06
-1,50E+01	0,00E+00	9,00E-02	4,50E-06
-1,40E+01	0,00E+00	1,09E-01	5,44E-06
-1,30E+01	0,00E+00	1,31E-01	6,54E-06
-1,20E+01	0,00E+00	1,56E-01	7,82E-06
-1,10E+01	0,00E+00	1,86E-01	9,30E-06
-1,00E+01	0,00E+00	2,20E-01	1,10E-05
-9,00E+00	0,00E+00	2,59E-01	1,30E-05
-8,00E+00	0,00E+00	3,04E-01	1,52E-05
-7,00E+00	0,00E+00	3,56E-01	1,78E-05
-6,00E+00	0,00E+00	4,14E-01	2,07E-05
-5,00E+00	0,00E+00	4,81E-01	2,40E-05
-4,00E+00	0,00E+00	5,56E-01	2,78E-05
-3,00E+00	0,00E+00	6,42E-01	3,21E-05
-2,00E+00	0,00E+00	7,39E-01	3,70E-05
-1,00E+00	0,00E+00	8,50E-01	4,25E-05
0,00E+00	0,00E+00	9,74E-01	4,87E-05
1,00E+00	0,00E+00	1,12E+00	5,58E-05
2,00E+00	0,00E+00	1,27E+00	6,37E-05
3,00E+00	0,00E+00	1,45E+00	7,27E-05
4,00E+00	0,00E+00	1,66E+00	8,28E-05
5,00E+00	0,00E+00	1,88E+00	9,42E-05
6,00E+00	0,00E+00	2,14E+00	1,07E-04
7,00E+00	0,00E+00	2,43E+00	1,22E-04
8,00E+00	0,00E+00	2,76E+00	1,38E-04
9,00E+00	0,00E+00	3,12E+00	1,56E-04
1,00E+01	0,00E+00	3,53E+00	1,77E-04
1,10E+01	0,00E+00	3,65E+00	1,83E-04
1,20E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,30E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,40E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,50E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,60E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,70E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,80E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
1,90E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04
2,00E+01	0,00E+00	3,66E+00	1,83E-04

13.3. Anexo 3

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psáida (mW)	Eficiência (%)
5,00E+02	-1,60E+01	0,00E+00	5,11E-05	2,55E-02	0,02511886	0,00130305	5%
5,00E+02	-1,40E+01	0,00E+00	6,68E-05	3,34E-02	0,03981072	0,00223112	6%
5,00E+02	-1,20E+01	0,00E+00	8,68E-05	4,34E-02	0,06309573	0,00376712	6%
5,00E+02	-1,00E+01	0,00E+00	1,12E-04	5,60E-02	0,1	0,006272	6%
5,00E+02	-8,00E+00	0,00E+00	1,44E-04	7,21E-02	0,15848932	0,0103824	7%
5,00E+02	-6,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	9,23E-02	0,25118864	0,0170755	7%
5,00E+02	-4,00E+00	0,00E+00	2,36E-04	1,18E-01	0,39810717	0,027848	7%
5,00E+02	-2,00E+00	0,00E+00	3,00E-04	1,50E-01	0,63095734	0,045	7%
5,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,82E-04	1,91E-01	1	0,072962	7%
5,00E+02	2,00E+00	0,00E+00	4,85E-04	2,42E-01	1,58489319	0,11737	7%
5,00E+02	4,00E+00	0,00E+00	6,15E-04	3,07E-01	2,51188643	0,188805	8%
5,00E+02	6,00E+00	0,00E+00	7,78E-04	3,89E-01	3,98107171	0,302642	8%
5,00E+02	8,00E+00	0,00E+00	9,84E-04	4,92E-01	6,30957344	0,484128	8%
5,00E+02	1,00E+01	0,00E+00	1,24E-03	6,22E-01	10	0,77128	8%
5,00E+02	1,20E+01	0,00E+00	1,57E-03	7,85E-01	15,8489319	1,23245	8%
5,00E+02	1,40E+01	0,00E+00	1,98E-03	9,92E-01	25,1188643	1,96416	8%
5,00E+02	1,60E+01	0,00E+00	2,50E-03	1,25E+00	39,8107171	3,125	8%
5,00E+02	1,80E+01	0,00E+00	3,16E-03	1,58E+00	63,0957344	4,9928	8%
5,00E+02	2,00E+01	0,00E+00	3,98E-03	1,99E+00	100	7,9202	8%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psáida (mW)	Eficiência (%)
1,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,94E-05	4,94E-02	0,02511886	0,00244036	10%
1,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	6,46E-05	6,46E-02	0,03981072	0,00417316	10%
1,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	8,39E-05	8,39E-02	0,06309573	0,00703921	11%
1,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	1,08E-04	1,08E-01	0,1	0,011664	12%
1,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,39E-04	1,39E-01	0,15848932	0,019321	12%
1,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,78E-04	1,78E-01	0,25118864	0,031684	13%
1,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,28E-04	2,28E-01	0,39810717	0,051984	13%
1,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,90E-04	2,90E-01	0,63095734	0,0841	13%
1,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,69E-04	3,69E-01	1	0,136161	14%
1,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,68E-04	4,68E-01	1,58489319	0,219024	14%
1,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,94E-04	5,94E-01	2,51188643	0,352836	14%
1,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	7,52E-04	7,52E-01	3,98107171	0,565504	14%
1,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	9,51E-04	9,51E-01	6,30957344	0,904401	14%
1,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,20E-03	1,20E+00	10	1,44	14%
1,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,52E-03	1,52E+00	15,8489319	2,3104	15%
1,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,92E-03	1,92E+00	25,1188643	3,6864	15%
1,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	2,42E-03	2,42E+00	39,8107171	5,8564	15%
1,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	3,05E-03	3,05E+00	63,0957344	9,3025	15%



Relatório de estágio

1,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	3,43E-03	3,43E+00	100	11,7649	12%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,79E-05	7,18E-02	0,02511886	0,00343922	14%
1,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	6,26E-05	9,39E-02	0,03981072	0,00587814	15%
1,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	8,13E-05	1,22E-01	0,06309573	0,0099186	16%
1,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	1,05E-04	1,57E-01	0,1	0,016485	16%
1,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,35E-04	2,02E-01	0,15848932	0,02727	17%
1,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	2,59E-01	0,25118864	0,044807	18%
1,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,21E-04	3,31E-01	0,39810717	0,073151	18%
1,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,81E-04	4,22E-01	0,63095734	0,118582	19%
1,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,57E-04	5,36E-01	1	0,191352	19%
1,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,54E-04	6,80E-01	1,58489319	0,30872	19%
1,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,75E-04	8,62E-01	2,51188643	0,49565	20%
1,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	7,28E-04	1,09E+00	3,98107171	0,79352	20%
1,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	9,21E-04	1,38E+00	6,30957344	1,27098	20%
1,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,16E-03	1,75E+00	10	2,03	20%
1,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,47E-03	2,20E+00	15,8489319	3,234	20%
1,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,86E-03	2,79E+00	25,1188643	5,1894	21%
1,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	2,29E-03	3,44E+00	39,8107171	7,8776	20%
1,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	2,33E-03	3,50E+00	63,0957344	8,155	13%
1,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	2,34E-03	3,52E+00	100	8,2368	8%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
2,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,65E-05	9,30E-02	0,02511886	0,0043245	17%
2,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	6,08E-05	1,22E-01	0,03981072	0,0074176	19%
2,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	7,89E-05	1,58E-01	0,06309573	0,0124662	20%
2,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	1,02E-04	2,04E-01	0,1	0,020808	21%
2,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,31E-04	2,62E-01	0,15848932	0,034322	22%
2,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,68E-04	3,35E-01	0,25118864	0,05628	22%
2,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,14E-04	4,28E-01	0,39810717	0,091592	23%
2,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,73E-04	5,46E-01	0,63095734	0,149058	24%
2,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,47E-04	6,94E-01	1	0,240818	24%
2,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,40E-04	8,81E-01	1,58489319	0,38764	24%
2,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,59E-04	1,12E+00	2,51188643	0,62608	25%
2,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	7,09E-04	1,42E+00	3,98107171	1,00678	25%
2,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	9,01E-04	1,80E+00	6,30957344	1,6218	26%
2,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,14E-03	2,28E+00	10	2,5992	26%
2,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,44E-03	2,88E+00	15,8489319	4,1472	26%
2,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,74E-03	3,49E+00	25,1188643	6,0726	24%
2,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	1,77E-03	3,53E+00	39,8107171	6,2481	16%
2,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,77E-03	3,55E+00	63,0957344	6,2835	10%
2,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	1,78E-03	3,55E+00	100	6,319	6%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
2,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,52E-05	1,13E-01	0,02511886	0,0051076	20%
2,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,91E-05	1,48E-01	0,03981072	0,0087468	22%
2,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	7,67E-05	1,92E-01	0,06309573	0,0147264	23%
2,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	9,90E-05	2,48E-01	0,1	0,024552	25%
2,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,27E-04	3,18E-01	0,15848932	0,040386	25%
2,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,63E-04	4,08E-01	0,25118864	0,066504	26%
2,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,08E-04	5,21E-01	0,39810717	0,108368	27%
2,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,66E-04	6,64E-01	0,63095734	0,176624	28%
2,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	8,46E-01	1	0,285948	29%
2,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,31E-04	1,08E+00	1,58489319	0,46548	29%
2,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,51E-04	1,38E+00	2,51188643	0,76038	30%
2,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	7,00E-04	1,75E+00	3,98107171	1,225	31%
2,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	8,85E-04	2,21E+00	6,30957344	1,95585	31%
2,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,11E-03	2,79E+00	10	3,0969	31%
2,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,39E-03	3,47E+00	15,8489319	4,8233	30%
2,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,42E-03	3,55E+00	25,1188643	5,041	20%
2,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	1,42E-03	3,56E+00	39,8107171	5,0552	13%
2,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,43E-03	3,57E+00	63,0957344	5,1051	8%
2,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	1,43E-03	3,58E+00	100	5,1194	5%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
3,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,40E-05	1,32E-01	0,02511886	0,005808	23%
3,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,75E-05	1,73E-01	0,03981072	0,0099475	25%
3,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	7,47E-05	2,24E-01	0,06309573	0,0167328	27%
3,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	9,64E-05	2,89E-01	0,1	0,0278596	28%
3,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,24E-04	3,72E-01	0,15848932	0,046128	29%
3,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,59E-04	4,77E-01	0,25118864	0,075843	30%
3,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,03E-04	6,10E-01	0,39810717	0,12383	31%
3,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,60E-04	7,81E-01	0,63095734	0,20306	32%
3,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,34E-04	1,00E+00	1	0,334	33%
3,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,27E-04	1,28E+00	1,58489319	0,54656	34%
3,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,42E-04	1,63E+00	2,51188643	0,88346	35%
3,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,85E-04	2,06E+00	3,98107171	1,4111	35%
3,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	8,62E-04	2,59E+00	6,30957344	2,23258	35%
3,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,08E-03	3,24E+00	10	3,4992	35%
3,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,18E-03	3,55E+00	15,8489319	4,189	26%
3,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,19E-03	3,57E+00	25,1188643	4,2483	17%
3,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	1,19E-03	3,58E+00	39,8107171	4,2602	11%
3,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,20E-03	3,59E+00	63,0957344	4,308	7%
3,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	1,20E-03	3,59E+00	100	4,308	4%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
3,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,29E-05	1,50E-01	0,02511886	0,006435	26%
3,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,61E-05	1,96E-01	0,03981072	0,0109956	28%
3,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	7,28E-05	2,55E-01	0,06309573	0,018564	29%
3,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	9,41E-05	3,29E-01	0,1	0,0309589	31%
3,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,21E-04	4,24E-01	0,15848932	0,051304	32%
3,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,56E-04	5,44E-01	0,25118864	0,084864	34%
3,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	2,00E-04	7,00E-01	0,39810717	0,14	35%
3,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,58E-04	9,01E-01	0,63095734	0,232458	37%
3,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,30E-04	1,16E+00	1	0,3828	38%
3,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,20E-04	1,47E+00	1,58489319	0,6174	39%
3,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,31E-04	1,86E+00	2,51188643	0,98766	39%
3,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,68E-04	2,34E+00	3,98107171	1,56312	39%
3,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	8,37E-04	2,93E+00	6,30957344	2,45241	39%
3,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	1,01E-03	3,52E+00	10	3,5552	36%
3,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	1,02E-03	3,57E+00	15,8489319	3,6414	23%
3,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	1,02E-03	3,59E+00	25,1188643	3,6618	15%
3,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	1,03E-03	3,59E+00	39,8107171	3,6977	9%
3,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,03E-03	3,60E+00	63,0957344	3,708	6%
3,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	1,03E-03	3,60E+00	100	3,708	4%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
4,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,19E-05	1,67E-01	0,02511886	0,0069973	28%
4,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,47E-05	2,19E-01	0,03981072	0,0119793	30%
4,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	7,11E-05	2,84E-01	0,06309573	0,0201924	32%
4,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	9,20E-05	3,68E-01	0,1	0,033856	34%
4,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	4,74E-01	0,15848932	0,056406	36%
4,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,53E-04	6,12E-01	0,25118864	0,093636	37%
4,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,98E-04	7,92E-01	0,39810717	0,156816	39%
4,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,55E-04	1,02E+00	0,63095734	0,2601	41%
4,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,25E-04	1,30E+00	1	0,4225	42%
4,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,12E-04	1,65E+00	1,58489319	0,6798	43%
4,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,19E-04	2,08E+00	2,51188643	1,07952	43%
4,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,50E-04	2,60E+00	3,98107171	1,69	42%
4,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	8,11E-04	3,24E+00	6,30957344	2,62764	42%
4,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	8,91E-04	3,56E+00	10	3,17196	32%
4,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	8,97E-04	3,59E+00	15,8489319	3,22023	20%
4,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	8,99E-04	3,60E+00	25,1188643	3,2364	13%
4,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	9,01E-04	3,60E+00	39,8107171	3,2436	8%
4,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	9,02E-04	3,61E+00	63,0957344	3,25622	5%
4,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	9,03E-04	3,61E+00	100	3,25983	3%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
4,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,09E-05	1,84E-01	0,02511886	0,0075256	30%
4,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,35E-05	2,41E-01	0,03981072	0,0128935	32%
4,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,95E-05	3,13E-01	0,06309573	0,0217535	34%
4,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	9,01E-05	4,05E-01	0,1	0,0364905	36%
4,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,17E-04	5,25E-01	0,15848932	0,061425	39%
4,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,51E-04	6,81E-01	0,25118864	0,102831	41%
4,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,96E-04	8,82E-01	0,39810717	0,172872	43%
4,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	1,13E+00	0,63095734	0,28363	45%
4,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,20E-04	1,44E+00	1	0,4608	46%
4,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	4,03E-04	1,81E+00	1,58489319	0,72943	46%
4,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	5,06E-04	2,28E+00	2,51188643	1,15368	46%
4,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,31E-04	2,84E+00	3,98107171	1,79204	45%
4,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	7,78E-04	3,50E+00	6,30957344	2,723	43%
4,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	7,96E-04	3,58E+00	10	2,84968	28%
4,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	7,99E-04	3,60E+00	15,8489319	2,8764	18%
4,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	8,01E-04	3,61E+00	25,1188643	2,89161	12%
4,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	8,03E-04	3,61E+00	39,8107171	2,89883	7%
4,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	8,03E-04	3,62E+00	63,0957344	2,90686	5%
4,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	8,04E-04	3,62E+00	100	2,91048	3%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
5,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	4,00E-05	2,00E-01	0,02511886	0,008	32%
5,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,23E-05	2,62E-01	0,03981072	0,0137026	34%
5,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,81E-05	3,41E-01	0,06309573	0,0232221	37%
5,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,85E-05	4,43E-01	0,1	0,0392055	39%
5,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,15E-04	5,76E-01	0,15848932	0,06624	42%
5,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,50E-04	7,50E-01	0,25118864	0,1125	45%
5,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,94E-04	9,69E-01	0,39810717	0,187986	47%
5,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,48E-04	1,24E+00	0,63095734	0,30752	49%
5,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-04	1,57E+00	1	0,49141	49%
5,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,94E-04	1,97E+00	1,58489319	0,77618	49%
5,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,93E-04	2,46E+00	2,51188643	1,21278	48%
5,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	6,13E-04	3,07E+00	3,98107171	1,88191	47%
5,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	7,12E-04	3,56E+00	6,30957344	2,53472	40%
5,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	7,18E-04	3,59E+00	10	2,57762	26%
5,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	7,21E-04	3,60E+00	15,8489319	2,5956	16%
5,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	7,22E-04	3,61E+00	25,1188643	2,60642	10%
5,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	7,23E-04	3,62E+00	39,8107171	2,61726	7%
5,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	7,24E-04	3,62E+00	63,0957344	2,62088	4%
5,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	7,25E-04	3,62E+00	100	2,6245	3%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
5,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,91E-05	2,15E-01	0,02511886	0,0084065	33%
5,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,13E-05	2,82E-01	0,03981072	0,0144666	36%
5,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,69E-05	3,68E-01	0,06309573	0,0246192	39%
5,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,72E-05	4,80E-01	0,1	0,041856	42%
5,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,14E-04	6,28E-01	0,15848932	0,071592	45%
5,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,49E-04	8,17E-01	0,25118864	0,121733	48%
5,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	1,05E+00	0,39810717	0,20055	50%
5,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,43E-04	1,34E+00	0,63095734	0,32562	52%
5,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,07E-04	1,69E+00	1	0,51883	52%
5,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,85E-04	2,12E+00	1,58489319	0,8162	51%
5,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,79E-04	2,64E+00	2,51188643	1,26456	50%
5,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,95E-04	3,27E+00	3,98107171	1,94565	49%
5,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	6,50E-04	3,58E+00	6,30957344	2,327	37%
5,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	6,55E-04	3,60E+00	10	2,358	24%
5,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	6,57E-04	3,61E+00	15,8489319	2,37177	15%
5,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	6,58E-04	3,62E+00	25,1188643	2,38196	9%
5,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	6,59E-04	3,62E+00	39,8107171	2,38558	6%
5,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	6,59E-04	3,63E+00	63,0957344	2,39217	4%
5,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	6,60E-04	3,63E+00	100	2,3958	2%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
6,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,84E-05	2,30E-01	0,02511886	0,008832	35%
6,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	5,03E-05	3,02E-01	0,03981072	0,0151906	38%
6,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,58E-05	3,95E-01	0,06309573	0,025991	41%
6,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,62E-05	5,17E-01	0,1	0,0445654	45%
6,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,13E-04	6,79E-01	0,15848932	0,076727	48%
6,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,47E-04	8,81E-01	0,25118864	0,129507	52%
6,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,88E-04	1,13E+00	0,39810717	0,21244	53%
6,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,39E-04	1,43E+00	0,63095734	0,34177	54%
6,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-04	1,80E+00	1	0,54	54%
6,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,75E-04	2,25E+00	1,58489319	0,84375	53%
6,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,67E-04	2,80E+00	2,51188643	1,3076	52%
6,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,77E-04	3,46E+00	3,98107171	1,99642	50%
6,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	5,98E-04	3,59E+00	6,30957344	2,14682	34%
6,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	6,01E-04	3,61E+00	10	2,16961	22%
6,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	6,03E-04	3,62E+00	15,8489319	2,18286	14%
6,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	6,04E-04	3,62E+00	25,1188643	2,18648	9%
6,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	6,04E-04	3,63E+00	39,8107171	2,19252	6%
6,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	6,05E-04	3,63E+00	63,0957344	2,19615	3%
6,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	6,05E-04	3,63E+00	100	2,19615	2%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
6,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,76E-05	2,44E-01	0,02511886	0,0091744	37%
6,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,94E-05	3,21E-01	0,03981072	0,0158574	40%



Relatório de estágio

6,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,49E-05	4,22E-01	0,06309573	0,0273878	43%
6,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,54E-05	5,55E-01	0,1	0,047397	47%
6,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,12E-04	7,28E-01	0,15848932	0,081536	51%
6,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,45E-04	9,42E-01	0,25118864	0,13659	54%
6,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	1,20E+00	0,39810717	0,222	56%
6,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,34E-04	1,52E+00	0,63095734	0,35568	56%
6,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	1,91E+00	1	0,56154	56%
6,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,66E-04	2,38E+00	1,58489319	0,87108	55%
6,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,54E-04	2,95E+00	2,51188643	1,3393	53%
6,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,46E-04	3,55E+00	3,98107171	1,9383	49%
6,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	5,54E-04	3,60E+00	6,30957344	1,9944	32%
6,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	5,56E-04	3,61E+00	10	2,00716	20%
6,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	5,57E-04	3,62E+00	15,8489319	2,01634	13%
6,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	5,58E-04	3,63E+00	25,1188643	2,02554	8%
6,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	5,58E-04	3,63E+00	39,8107171	2,02554	5%
6,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	5,59E-04	3,63E+00	63,0957344	2,02917	3%
6,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	5,59E-04	3,63E+00	100	2,02917	2%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
7,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,69E-05	2,58E-01	0,02511886	0,0095202	38%
7,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,86E-05	3,40E-01	0,03981072	0,016524	42%
7,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,41E-05	4,48E-01	0,06309573	0,0287168	46%
7,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,46E-05	5,93E-01	0,1	0,0501678	50%
7,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,11E-04	7,76E-01	0,15848932	0,086136	54%
7,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,43E-04	1,00E+00	0,25118864	0,143	57%
7,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,82E-04	1,27E+00	0,39810717	0,23114	58%
7,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,30E-04	1,61E+00	0,63095734	0,3703	59%
7,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,87E-04	2,01E+00	1	0,57687	58%
7,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,57E-04	2,50E+00	1,58489319	0,8925	56%
7,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,42E-04	3,09E+00	2,51188643	1,36578	54%
7,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	5,10E-04	3,57E+00	3,98107171	1,8207	46%
7,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	5,15E-04	3,60E+00	6,30957344	1,854	29%
7,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	5,17E-04	3,62E+00	10	1,87154	19%
7,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	5,18E-04	3,62E+00	15,8489319	1,87516	12%
7,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	5,18E-04	3,63E+00	25,1188643	1,88034	7%
7,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	5,19E-04	3,63E+00	39,8107171	1,88397	5%
7,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	5,19E-04	3,63E+00	63,0957344	1,88397	3%
7,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	5,20E-04	3,64E+00	100	1,8928	2%

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
7,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,63E-05	2,72E-01	0,02511886	0,0098736	39%
7,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,79E-05	3,59E-01	0,03981072	0,0171961	43%
7,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,34E-05	4,75E-01	0,06309573	0,030115	48%
7,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,39E-05	6,29E-01	0,1	0,0527731	53%



Relatório de estágio

7,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,10E-04	8,22E-01	0,15848932	0,09042	57%
7,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,41E-04	1,06E+00	0,25118864	0,14946	60%
7,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,79E-04	1,34E+00	0,39810717	0,23986	60%
7,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,25E-04	1,69E+00	0,63095734	0,38025	60%
7,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,81E-04	2,11E+00	1	0,59291	59%
7,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,48E-04	2,61E+00	1,58489319	0,90828	57%
7,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,30E-04	3,23E+00	2,51188643	1,3889	55%
7,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,78E-04	3,58E+00	3,98107171	1,71124	43%
7,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,81E-04	3,61E+00	6,30957344	1,73641	28%
7,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,83E-04	3,62E+00	10	1,74846	17%
7,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	4,84E-04	3,63E+00	15,8489319	1,75692	11%
7,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	4,84E-04	3,63E+00	25,1188643	1,75692	7%
7,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	4,85E-04	3,64E+00	39,8107171	1,7654	4%
7,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	4,85E-04	3,64E+00	63,0957344	1,7654	3%
7,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	4,85E-04	3,64E+00	100	1,7654	2%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
8,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,57E-05	2,86E-01	0,02511886	0,0102102	41%
8,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,72E-05	3,78E-01	0,03981072	0,0178416	45%
8,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,28E-05	5,02E-01	0,06309573	0,0315256	50%
8,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,31E-05	6,65E-01	0,1	0,0552615	55%
8,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,08E-04	8,66E-01	0,15848932	0,093528	59%
8,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,39E-04	1,11E+00	0,25118864	0,15429	61%
8,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,76E-04	1,41E+00	0,39810717	0,24816	62%
8,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,20E-04	1,76E+00	0,63095734	0,3872	61%
8,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-04	2,20E+00	1	0,6028	60%
8,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,40E-04	2,72E+00	1,58489319	0,9248	58%
8,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,19E-04	3,35E+00	2,51188643	1,40365	56%
8,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,49E-04	3,59E+00	3,98107171	1,61191	40%
8,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,52E-04	3,61E+00	6,30957344	1,63172	26%
8,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,53E-04	3,62E+00	10	1,63986	16%
8,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	4,54E-04	3,63E+00	15,8489319	1,64802	10%
8,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	4,54E-04	3,63E+00	25,1188643	1,64802	7%
8,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	4,55E-04	3,64E+00	39,8107171	1,6562	4%
8,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	4,55E-04	3,64E+00	63,0957344	1,6562	3%
8,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	4,55E-04	3,64E+00	100	1,6562	2%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
8,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,51E-05	2,99E-01	0,02511886	0,0104949	42%
8,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,67E-05	3,97E-01	0,03981072	0,0185399	47%
8,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,22E-05	5,29E-01	0,06309573	0,0329038	52%
8,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,22E-05	6,99E-01	0,1	0,0574578	57%
8,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,07E-04	9,08E-01	0,15848932	0,097156	61%
8,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,37E-04	1,16E+00	0,25118864	0,15892	63%
8,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	1,47E+00	0,39810717	0,25431	64%
8,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,16E-04	1,84E+00	0,63095734	0,39744	63%
8,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-04	2,28E+00	1	0,61104	61%
8,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,32E-04	2,82E+00	1,58489319	0,93624	59%
8,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	4,08E-04	3,47E+00	2,51188643	1,41576	56%
8,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,24E-04	3,60E+00	3,98107171	1,5264	38%
8,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,26E-04	3,62E+00	6,30957344	1,54212	24%
8,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,27E-04	3,63E+00	10	1,55001	16%
8,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	4,27E-04	3,63E+00	15,8489319	1,55001	10%
8,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	4,28E-04	3,64E+00	25,1188643	1,55792	6%
8,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	4,28E-04	3,64E+00	39,8107171	1,55792	4%
8,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	4,28E-04	3,64E+00	63,0957344	1,55792	2%
8,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	4,29E-04	3,64E+00	100	1,56156	2%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
9,00E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,46E-05	3,12E-01	0,02511886	0,0107952	43%
9,00E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,62E-05	4,15E-01	0,03981072	0,019173	48%
9,00E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,17E-05	5,55E-01	0,06309573	0,0342435	54%
9,00E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,14E-05	7,32E-01	0,1	0,0595848	60%
9,00E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	9,49E-01	0,15848932	0,099645	63%
9,00E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	1,21E+00	0,25118864	0,16214	65%
9,00E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,69E-04	1,53E+00	0,39810717	0,25857	65%
9,00E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,12E-04	1,90E+00	0,63095734	0,4028	64%
9,00E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-04	2,36E+00	1	0,61832	62%
9,00E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,24E-04	2,91E+00	1,58489319	0,94284	59%
9,00E+03	4,00E+00	0,00E+00	3,93E-04	3,54E+00	2,51188643	1,39122	55%
9,00E+03	6,00E+00	0,00E+00	4,01E-04	3,61E+00	3,98107171	1,44761	36%
9,00E+03	8,00E+00	0,00E+00	4,02E-04	3,62E+00	6,30957344	1,45524	23%
9,00E+03	1,00E+01	0,00E+00	4,03E-04	3,63E+00	10	1,46289	15%
9,00E+03	1,20E+01	0,00E+00	4,04E-04	3,64E+00	15,8489319	1,47056	9%
9,00E+03	1,40E+01	0,00E+00	4,04E-04	3,64E+00	25,1188643	1,47056	6%
9,00E+03	1,60E+01	0,00E+00	4,05E-04	3,64E+00	39,8107171	1,4742	4%
9,00E+03	1,80E+01	0,00E+00	4,05E-04	3,64E+00	63,0957344	1,4742	2%
9,00E+03	2,00E+01	0,00E+00	4,05E-04	3,64E+00	100	1,4742	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
9,50E+03	-1,60E+01	0,00E+00	3,42E-05	3,24E-01	0,02511886	0,0110808	44%
9,50E+03	-1,40E+01	0,00E+00	4,57E-05	4,34E-01	0,03981072	0,0198338	50%
9,50E+03	-1,20E+01	0,00E+00	6,11E-05	5,81E-01	0,06309573	0,0354991	56%
9,50E+03	-1,00E+01	0,00E+00	8,05E-05	7,64E-01	0,1	0,061502	62%
9,50E+03	-8,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	9,88E-01	0,15848932	0,102752	65%
9,50E+03	-6,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	1,26E+00	0,25118864	0,16632	66%
9,50E+03	-4,00E+00	0,00E+00	1,66E-04	1,58E+00	0,39810717	0,26228	66%
9,50E+03	-2,00E+00	0,00E+00	2,07E-04	1,97E+00	0,63095734	0,40779	65%
9,50E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,57E-04	2,44E+00	1	0,62708	63%
9,50E+03	2,00E+00	0,00E+00	3,16E-04	3,00E+00	1,58489319	0,948	60%
9,50E+03	4,00E+00	0,00E+00	3,75E-04	3,56E+00	2,51188643	1,335	53%
9,50E+03	6,00E+00	0,00E+00	3,80E-04	3,61E+00	3,98107171	1,3718	34%
9,50E+03	8,00E+00	0,00E+00	3,82E-04	3,62E+00	6,30957344	1,38284	22%
9,50E+03	1,00E+01	0,00E+00	3,82E-04	3,63E+00	10	1,38666	14%
9,50E+03	1,20E+01	0,00E+00	3,83E-04	3,64E+00	15,8489319	1,39412	9%
9,50E+03	1,40E+01	0,00E+00	3,83E-04	3,64E+00	25,1188643	1,39412	6%
9,50E+03	1,60E+01	0,00E+00	3,83E-04	3,64E+00	39,8107171	1,39412	4%
9,50E+03	1,80E+01	0,00E+00	3,84E-04	3,64E+00	63,0957344	1,39776	2%
9,50E+03	2,00E+01	0,00E+00	3,84E-04	3,65E+00	100	1,4016	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,00E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,37E-05	3,37E-01	0,02511886	0,0113569	45%
1,00E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,53E-05	4,53E-01	0,03981072	0,0205209	52%
1,00E+04	-1,20E+01	0,00E+00	6,05E-05	6,05E-01	0,06309573	0,0366025	58%
1,00E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,95E-05	7,95E-01	0,1	0,0632025	63%
1,00E+04	-8,00E+00	0,00E+00	1,03E-04	1,03E+00	0,15848932	0,10609	67%
1,00E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,30E-04	1,30E+00	0,25118864	0,169	67%
1,00E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,63E-04	1,63E+00	0,39810717	0,26569	67%
1,00E+04	-2,00E+00	0,00E+00	2,03E-04	2,03E+00	0,63095734	0,41209	65%
1,00E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	2,51E+00	1	0,63001	63%
1,00E+04	2,00E+00	0,00E+00	3,09E-04	3,09E+00	1,58489319	0,95481	60%
1,00E+04	4,00E+00	0,00E+00	3,58E-04	3,58E+00	2,51188643	1,28164	51%
1,00E+04	6,00E+00	0,00E+00	3,61E-04	3,61E+00	3,98107171	1,30321	33%
1,00E+04	8,00E+00	0,00E+00	3,63E-04	3,63E+00	6,30957344	1,31769	21%
1,00E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,63E-04	3,63E+00	10	1,31769	13%
1,00E+04	1,20E+01	0,00E+00	3,64E-04	3,64E+00	15,8489319	1,32496	8%
1,00E+04	1,40E+01	0,00E+00	3,64E-04	3,64E+00	25,1188643	1,32496	5%
1,00E+04	1,60E+01	0,00E+00	3,64E-04	3,64E+00	39,8107171	1,32496	3%
1,00E+04	1,80E+01	0,00E+00	3,65E-04	3,65E+00	63,0957344	1,33225	2%
1,00E+04	2,00E+01	0,00E+00	3,65E-04	3,65E+00	100	1,33225	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,05E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,33E-05	3,50E-01	0,02511886	0,011655	46%
1,05E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,48E-05	4,71E-01	0,03981072	0,0211008	53%
1,05E+04	-1,20E+01	0,00E+00	6,00E-05	6,30E-01	0,06309573	0,0378	60%
1,05E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,86E-05	8,25E-01	0,1	0,064845	65%
1,05E+04	-8,00E+00	0,00E+00	1,01E-04	1,06E+00	0,15848932	0,10706	68%
1,05E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,28E-04	1,34E+00	0,25118864	0,17152	68%
1,05E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,60E-04	1,68E+00	0,39810717	0,2688	68%
1,05E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,99E-04	2,09E+00	0,63095734	0,41591	66%
1,05E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,46E-04	2,58E+00	1	0,63468	63%
1,05E+04	2,00E+00	0,00E+00	3,02E-04	3,17E+00	1,58489319	0,95734	60%
1,05E+04	4,00E+00	0,00E+00	3,42E-04	3,59E+00	2,51188643	1,22778	49%
1,05E+04	6,00E+00	0,00E+00	3,45E-04	3,62E+00	3,98107171	1,2489	31%
1,05E+04	8,00E+00	0,00E+00	3,46E-04	3,63E+00	6,30957344	1,25598	20%
1,05E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,46E-04	3,64E+00	10	1,25944	13%
1,05E+04	1,20E+01	0,00E+00	3,47E-04	3,64E+00	15,8489319	1,26308	8%
1,05E+04	1,40E+01	0,00E+00	3,47E-04	3,64E+00	25,1188643	1,26308	5%
1,05E+04	1,60E+01	0,00E+00	3,47E-04	3,65E+00	39,8107171	1,26655	3%
1,05E+04	1,80E+01	0,00E+00	3,47E-04	3,65E+00	63,0957344	1,26655	2%
1,05E+04	2,00E+01	0,00E+00	3,47E-04	3,65E+00	100	1,26655	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,10E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,29E-05	3,62E-01	0,02511886	0,0119098	47%
1,10E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,45E-05	4,89E-01	0,03981072	0,0217605	55%
1,10E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,94E-05	6,53E-01	0,06309573	0,0387882	61%
1,10E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,77E-05	8,54E-01	0,1	0,0663558	66%
1,10E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,97E-05	1,10E+00	0,15848932	0,10967	69%
1,10E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	1,39E+00	0,25118864	0,17514	70%
1,10E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,57E-04	1,73E+00	0,39810717	0,27161	68%
1,10E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,95E-04	2,15E+00	0,63095734	0,41925	66%
1,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-04	2,64E+00	1	0,6336	63%
1,10E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,95E-04	3,24E+00	1,58489319	0,9558	60%
1,10E+04	4,00E+00	0,00E+00	3,27E-04	3,60E+00	2,51188643	1,1772	47%
1,10E+04	6,00E+00	0,00E+00	3,29E-04	3,62E+00	3,98107171	1,19098	30%
1,10E+04	8,00E+00	0,00E+00	3,30E-04	3,63E+00	6,30957344	1,1979	19%
1,10E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,31E-04	3,64E+00	10	1,20484	12%
1,10E+04	1,20E+01	0,00E+00	3,31E-04	3,64E+00	15,8489319	1,20484	8%
1,10E+04	1,40E+01	0,00E+00	3,31E-04	3,64E+00	25,1188643	1,20484	5%
1,10E+04	1,60E+01	0,00E+00	3,31E-04	3,65E+00	39,8107171	1,20815	3%
1,10E+04	1,80E+01	0,00E+00	3,32E-04	3,65E+00	63,0957344	1,2118	2%
1,10E+04	2,00E+01	0,00E+00	3,32E-04	3,65E+00	100	1,2118	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,15E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,26E-05	3,75E-01	0,02511886	0,012225	49%
1,15E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,41E-05	5,07E-01	0,03981072	0,0223587	56%
1,15E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,88E-05	6,76E-01	0,06309573	0,0397488	63%
1,15E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,67E-05	8,82E-01	0,1	0,0676494	68%
1,15E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,82E-05	1,13E+00	0,15848932	0,110966	70%
1,15E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,24E-04	1,42E+00	0,25118864	0,17608	70%
1,15E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,55E-04	1,78E+00	0,39810717	0,2759	69%
1,15E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	2,20E+00	0,63095734	0,4202	67%
1,15E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-04	2,71E+00	1	0,63685	64%
1,15E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,88E-04	3,32E+00	1,58489319	0,95616	60%
1,15E+04	4,00E+00	0,00E+00	3,13E-04	3,60E+00	2,51188643	1,1268	45%
1,15E+04	6,00E+00	0,00E+00	3,15E-04	3,62E+00	3,98107171	1,1403	29%
1,15E+04	8,00E+00	0,00E+00	3,16E-04	3,63E+00	6,30957344	1,14708	18%
1,15E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,16E-04	3,64E+00	10	1,15024	12%
1,15E+04	1,20E+01	0,00E+00	3,17E-04	3,64E+00	15,8489319	1,15388	7%
1,15E+04	1,40E+01	0,00E+00	3,17E-04	3,65E+00	25,1188643	1,15705	5%
1,15E+04	1,60E+01	0,00E+00	3,17E-04	3,65E+00	39,8107171	1,15705	3%
1,15E+04	1,80E+01	0,00E+00	3,17E-04	3,65E+00	63,0957344	1,15705	2%
1,15E+04	2,00E+01	0,00E+00	3,17E-04	3,65E+00	100	1,15705	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,20E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,23E-05	3,87E-01	0,02511886	0,0125001	50%
1,20E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,37E-05	5,24E-01	0,03981072	0,0228988	58%
1,20E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,82E-05	6,98E-01	0,06309573	0,0406236	64%
1,20E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,58E-05	9,09E-01	0,1	0,0689022	69%
1,20E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,68E-05	1,16E+00	0,15848932	0,112288	71%
1,20E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,22E-04	1,46E+00	0,25118864	0,17812	71%
1,20E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,52E-04	1,82E+00	0,39810717	0,27664	69%
1,20E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,88E-04	2,25E+00	0,63095734	0,423	67%
1,20E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-04	2,77E+00	1	0,6371	64%
1,20E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,82E-04	3,39E+00	1,58489319	0,95598	60%
1,20E+04	4,00E+00	0,00E+00	3,01E-04	3,61E+00	2,51188643	1,08661	43%
1,20E+04	6,00E+00	0,00E+00	3,02E-04	3,63E+00	3,98107171	1,09626	28%
1,20E+04	8,00E+00	0,00E+00	3,03E-04	3,64E+00	6,30957344	1,10292	17%
1,20E+04	1,00E+01	0,00E+00	3,03E-04	3,64E+00	10	1,10292	11%
1,20E+04	1,20E+01	0,00E+00	3,04E-04	3,64E+00	15,8489319	1,10656	7%
1,20E+04	1,40E+01	0,00E+00	3,04E-04	3,65E+00	25,1188643	1,1096	4%
1,20E+04	1,60E+01	0,00E+00	3,04E-04	3,65E+00	39,8107171	1,1096	3%
1,20E+04	1,80E+01	0,00E+00	3,04E-04	3,65E+00	63,0957344	1,1096	2%
1,20E+04	2,00E+01	0,00E+00	3,04E-04	3,65E+00	100	1,1096	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,25E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,19E-05	3,99E-01	0,02511886	0,0127281	51%
1,25E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,33E-05	5,41E-01	0,03981072	0,0234253	59%
1,25E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,76E-05	7,20E-01	0,06309573	0,041472	66%
1,25E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,48E-05	9,35E-01	0,1	0,069938	70%
1,25E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,54E-05	1,19E+00	0,15848932	0,113526	72%
1,25E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	1,50E+00	0,25118864	0,18	72%
1,25E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,49E-04	1,86E+00	0,39810717	0,27714	70%
1,25E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,84E-04	2,30E+00	0,63095734	0,4232	67%
1,25E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,26E-04	2,82E+00	1	0,63732	64%
1,25E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,76E-04	3,45E+00	1,58489319	0,9522	60%
1,25E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,89E-04	3,61E+00	2,51188643	1,04329	42%
1,25E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,90E-04	3,63E+00	3,98107171	1,0527	26%
1,25E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,91E-04	3,64E+00	6,30957344	1,05924	17%
1,25E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,91E-04	3,64E+00	10	1,05924	11%
1,25E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,92E-04	3,65E+00	15,8489319	1,0658	7%
1,25E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,92E-04	3,65E+00	25,1188643	1,0658	4%
1,25E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,92E-04	3,65E+00	39,8107171	1,0658	3%
1,25E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,92E-04	3,65E+00	63,0957344	1,0658	2%
1,25E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,92E-04	3,65E+00	100	1,0658	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,30E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,17E-05	4,11E-01	0,02511886	0,0130287	52%
1,30E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,29E-05	5,58E-01	0,03981072	0,0239382	60%
1,30E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,70E-05	7,41E-01	0,06309573	0,042237	67%
1,30E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,39E-05	9,60E-01	0,1	0,070944	71%
1,30E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,40E-05	1,22E+00	0,15848932	0,11468	72%
1,30E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,18E-04	1,53E+00	0,25118864	0,18054	72%
1,30E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,46E-04	1,90E+00	0,39810717	0,2774	70%
1,30E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,80E-04	2,35E+00	0,63095734	0,423	67%
1,30E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,21E-04	2,88E+00	1	0,63648	64%
1,30E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,70E-04	3,51E+00	1,58489319	0,9477	60%
1,30E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,78E-04	3,61E+00	2,51188643	1,00358	40%
1,30E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,79E-04	3,63E+00	3,98107171	1,01277	25%
1,30E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,80E-04	3,64E+00	6,30957344	1,0192	16%
1,30E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,80E-04	3,64E+00	10	1,0192	10%
1,30E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,80E-04	3,65E+00	15,8489319	1,022	6%
1,30E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,81E-04	3,65E+00	25,1188643	1,02565	4%
1,30E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,81E-04	3,65E+00	39,8107171	1,02565	3%
1,30E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,81E-04	3,65E+00	63,0957344	1,02565	2%
1,30E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,81E-04	3,65E+00	100	1,02565	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,35E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,14E-05	4,24E-01	0,02511886	0,0133136	53%
1,35E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,25E-05	5,74E-01	0,03981072	0,024395	61%
1,35E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,64E-05	7,61E-01	0,06309573	0,0429204	68%
1,35E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,29E-05	9,84E-01	0,1	0,0717336	72%
1,35E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,26E-05	1,25E+00	0,15848932	0,11575	73%
1,35E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,16E-04	1,57E+00	0,25118864	0,18212	73%
1,35E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,44E-04	1,94E+00	0,39810717	0,27936	70%
1,35E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,77E-04	2,39E+00	0,63095734	0,42303	67%
1,35E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-04	2,93E+00	1	0,63581	64%
1,35E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,62E-04	3,54E+00	1,58489319	0,92748	59%
1,35E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,68E-04	3,62E+00	2,51188643	0,97016	39%
1,35E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,69E-04	3,63E+00	3,98107171	0,97647	25%
1,35E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,70E-04	3,64E+00	6,30957344	0,9828	16%
1,35E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,70E-04	3,64E+00	10	0,9828	10%
1,35E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,70E-04	3,65E+00	15,8489319	0,9855	6%
1,35E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,70E-04	3,65E+00	25,1188643	0,9855	4%
1,35E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,70E-04	3,65E+00	39,8107171	0,9855	2%
1,35E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,70E-04	3,65E+00	63,0957344	0,9855	2%
1,35E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,71E-04	3,65E+00	100	0,98915	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,40E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,11E-05	4,35E-01	0,02511886	0,0135285	54%
1,40E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,22E-05	5,90E-01	0,03981072	0,024898	63%
1,40E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,57E-05	7,80E-01	0,06309573	0,043446	69%
1,40E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,20E-05	1,01E+00	0,1	0,07272	73%
1,40E+04	-8,00E+00	0,00E+00	9,13E-05	1,28E+00	0,15848932	0,116864	74%
1,40E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,14E-04	1,60E+00	0,25118864	0,1824	73%
1,40E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,41E-04	1,98E+00	0,39810717	0,27918	70%
1,40E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	2,43E+00	0,63095734	0,42282	67%
1,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,13E-04	2,98E+00	1	0,63474	63%
1,40E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,54E-04	3,56E+00	1,58489319	0,90424	57%
1,40E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,58E-04	3,62E+00	2,51188643	0,93396	37%
1,40E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,60E-04	3,63E+00	3,98107171	0,9438	24%
1,40E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,60E-04	3,64E+00	6,30957344	0,9464	15%
1,40E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,60E-04	3,65E+00	10	0,949	9%
1,40E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,61E-04	3,65E+00	15,8489319	0,95265	6%
1,40E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,61E-04	3,65E+00	25,1188643	0,95265	4%
1,40E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,61E-04	3,65E+00	39,8107171	0,95265	2%
1,40E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,61E-04	3,65E+00	63,0957344	0,95265	2%
1,40E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,61E-04	3,65E+00	100	0,95265	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,45E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,08E-05	4,47E-01	0,02511886	0,0137676	55%
1,45E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,18E-05	6,06E-01	0,03981072	0,0253308	64%
1,45E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,51E-05	7,99E-01	0,06309573	0,0440249	70%
1,45E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,11E-05	1,03E+00	0,1	0,073233	73%
1,45E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,99E-05	1,30E+00	0,15848932	0,11687	74%
1,45E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,12E-04	1,63E+00	0,25118864	0,18256	73%
1,45E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,39E-04	2,01E+00	0,39810717	0,27939	70%
1,45E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,71E-04	2,47E+00	0,63095734	0,42237	67%
1,45E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,09E-04	3,02E+00	1	0,63118	63%
1,45E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,47E-04	3,57E+00	1,58489319	0,88179	56%
1,45E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,50E-04	3,62E+00	2,51188643	0,905	36%
1,45E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	3,63E+00	3,98107171	0,91113	23%
1,45E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	3,64E+00	6,30957344	0,91364	14%
1,45E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,51E-04	3,65E+00	10	0,91615	9%
1,45E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,52E-04	3,65E+00	15,8489319	0,9198	6%
1,45E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,52E-04	3,65E+00	25,1188643	0,9198	4%
1,45E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,52E-04	3,65E+00	39,8107171	0,9198	2%
1,45E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,52E-04	3,65E+00	63,0957344	0,9198	1%
1,45E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,52E-04	3,65E+00	100	0,9198	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,50E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,06E-05	4,59E-01	0,02511886	0,0140454	56%
1,50E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,14E-05	6,21E-01	0,03981072	0,0257094	65%
1,50E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,45E-05	8,18E-01	0,06309573	0,044581	71%
1,50E+04	-1,00E+01	0,00E+00	7,01E-05	1,05E+00	0,1	0,073605	74%
1,50E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,86E-05	1,33E+00	0,15848932	0,117838	74%
1,50E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,11E-04	1,66E+00	0,25118864	0,18426	73%
1,50E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,37E-04	2,05E+00	0,39810717	0,28085	71%
1,50E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,68E-04	2,51E+00	0,63095734	0,42168	67%
1,50E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-04	3,07E+00	1	0,62935	63%
1,50E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,39E-04	3,58E+00	1,58489319	0,85562	54%
1,50E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,42E-04	3,62E+00	2,51188643	0,87604	35%
1,50E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,42E-04	3,64E+00	3,98107171	0,88088	22%
1,50E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,43E-04	3,64E+00	6,30957344	0,88452	14%
1,50E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,43E-04	3,65E+00	10	0,88695	9%
1,50E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,43E-04	3,65E+00	15,8489319	0,88695	6%
1,50E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,43E-04	3,65E+00	25,1188643	0,88695	4%
1,50E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,44E-04	3,65E+00	39,8107171	0,8906	2%
1,50E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,44E-04	3,65E+00	63,0957344	0,8906	1%
1,50E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,44E-04	3,65E+00	100	0,8906	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,55E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,03E-05	4,70E-01	0,02511886	0,014241	57%
1,55E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,10E-05	6,36E-01	0,03981072	0,026076	65%
1,55E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,39E-05	8,36E-01	0,06309573	0,0450604	71%
1,55E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,92E-05	1,07E+00	0,1	0,074044	74%
1,55E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,74E-05	1,35E+00	0,15848932	0,11799	74%
1,55E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,09E-04	1,69E+00	0,25118864	0,18421	73%
1,55E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	2,08E+00	0,39810717	0,27872	70%
1,55E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,65E-04	2,55E+00	0,63095734	0,42075	67%
1,55E+04	0,00E+00	0,00E+00	2,01E-04	3,11E+00	1	0,62511	63%
1,55E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,32E-04	3,59E+00	1,58489319	0,83288	53%
1,55E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,34E-04	3,63E+00	2,51188643	0,84942	34%
1,55E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,35E-04	3,64E+00	3,98107171	0,8554	21%
1,55E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,35E-04	3,64E+00	6,30957344	0,8554	14%
1,55E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,35E-04	3,65E+00	10	0,85775	9%
1,55E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,35E-04	3,65E+00	15,8489319	0,85775	5%
1,55E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,36E-04	3,65E+00	25,1188643	0,8614	3%
1,55E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,36E-04	3,65E+00	39,8107171	0,8614	2%
1,55E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,36E-04	3,65E+00	63,0957344	0,8614	1%
1,55E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,36E-04	3,65E+00	100	0,8614	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,60E+04	-1,60E+01	0,00E+00	3,01E-05	4,81E-01	0,02511886	0,0144781	58%
1,60E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,06E-05	6,50E-01	0,03981072	0,02639	66%
1,60E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,33E-05	8,53E-01	0,06309573	0,0454649	72%
1,60E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,84E-05	1,09E+00	0,1	0,074556	75%
1,60E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,61E-05	1,38E+00	0,15848932	0,118818	75%
1,60E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,07E-04	1,71E+00	0,25118864	0,18297	73%
1,60E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	2,11E+00	0,39810717	0,27852	70%
1,60E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,62E-04	2,59E+00	0,63095734	0,41958	66%
1,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-04	3,15E+00	1	0,62055	62%
1,60E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,25E-04	3,60E+00	1,58489319	0,81	51%
1,60E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,27E-04	3,63E+00	2,51188643	0,82401	33%
1,60E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,27E-04	3,64E+00	3,98107171	0,82628	21%
1,60E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,28E-04	3,64E+00	6,30957344	0,82992	13%
1,60E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,65E+00	10	0,8322	8%
1,60E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,65E+00	15,8489319	0,8322	5%
1,60E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,65E+00	25,1188643	0,8322	3%
1,60E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,65E+00	39,8107171	0,8322	2%
1,60E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,65E+00	63,0957344	0,8322	1%
1,60E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,28E-04	3,66E+00	100	0,83448	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,65E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,98E-05	4,92E-01	0,02511886	0,0146616	58%
1,65E+04	-1,40E+01	0,00E+00	4,02E-05	6,64E-01	0,03981072	0,0266928	67%
1,65E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,27E-05	8,70E-01	0,06309573	0,045849	73%
1,65E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,75E-05	1,11E+00	0,1	0,074925	75%
1,65E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,49E-05	1,40E+00	0,15848932	0,11886	75%
1,65E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	1,74E+00	0,25118864	0,1827	73%
1,65E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,30E-04	2,14E+00	0,39810717	0,2782	70%
1,65E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,59E-04	2,62E+00	0,63095734	0,41658	66%
1,65E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,94E-04	3,20E+00	1	0,6208	62%
1,65E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,18E-04	3,60E+00	1,58489319	0,7848	50%
1,65E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,20E-04	3,63E+00	2,51188643	0,7986	32%
1,65E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,21E-04	3,64E+00	3,98107171	0,80444	20%
1,65E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,21E-04	3,65E+00	6,30957344	0,80665	13%
1,65E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,21E-04	3,65E+00	10	0,80665	8%
1,65E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,21E-04	3,65E+00	15,8489319	0,80665	5%
1,65E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,21E-04	3,65E+00	25,1188643	0,80665	3%
1,65E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,21E-04	3,65E+00	39,8107171	0,80665	2%
1,65E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,22E-04	3,66E+00	63,0957344	0,81252	1%
1,65E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,22E-04	3,66E+00	100	0,81252	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,70E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,96E-05	5,03E-01	0,02511886	0,0148888	59%
1,70E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,98E-05	6,77E-01	0,03981072	0,0269446	68%
1,70E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,21E-05	8,86E-01	0,06309573	0,0461606	73%
1,70E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,66E-05	1,13E+00	0,1	0,075258	75%
1,70E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,37E-05	1,42E+00	0,15848932	0,118854	75%
1,70E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	1,77E+00	0,25118864	0,18408	73%
1,70E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,28E-04	2,17E+00	0,39810717	0,27776	70%
1,70E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,56E-04	2,65E+00	0,63095734	0,4134	66%
1,70E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-04	3,23E+00	1	0,6137	61%
1,70E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,12E-04	3,60E+00	1,58489319	0,7632	48%
1,70E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,14E-04	3,63E+00	2,51188643	0,77682	31%
1,70E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,14E-04	3,64E+00	3,98107171	0,77896	20%
1,70E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,14E-04	3,65E+00	6,30957344	0,7811	12%
1,70E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,65E+00	10	0,78475	8%
1,70E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,65E+00	15,8489319	0,78475	5%
1,70E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,65E+00	25,1188643	0,78475	3%
1,70E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,65E+00	39,8107171	0,78475	2%
1,70E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,66E+00	63,0957344	0,7869	1%
1,70E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,15E-04	3,66E+00	100	0,7869	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,75E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,94E-05	5,14E-01	0,02511886	0,0151116	60%
1,75E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,95E-05	6,91E-01	0,03981072	0,0272945	69%
1,75E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,15E-05	9,02E-01	0,06309573	0,046453	74%
1,75E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,58E-05	1,15E+00	0,1	0,07567	76%
1,75E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,25E-05	1,44E+00	0,15848932	0,1188	75%
1,75E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,02E-04	1,79E+00	0,25118864	0,18258	73%
1,75E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	2,20E+00	0,39810717	0,2772	70%
1,75E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,54E-04	2,69E+00	0,63095734	0,41426	66%
1,75E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-04	3,27E+00	1	0,61149	61%
1,75E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,06E-04	3,61E+00	1,58489319	0,74366	47%
1,75E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,08E-04	3,63E+00	2,51188643	0,75504	30%
1,75E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,08E-04	3,64E+00	3,98107171	0,75712	19%
1,75E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,08E-04	3,65E+00	6,30957344	0,7592	12%
1,75E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,65E+00	10	0,76285	8%
1,75E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,65E+00	15,8489319	0,76285	5%
1,75E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,65E+00	25,1188643	0,76285	3%
1,75E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,66E+00	39,8107171	0,76494	2%
1,75E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,66E+00	63,0957344	0,76494	1%
1,75E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,09E-04	3,66E+00	100	0,76494	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,80E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,91E-05	5,24E-01	0,02511886	0,0152484	61%
1,80E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,91E-05	7,04E-01	0,03981072	0,0275264	69%
1,80E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,10E-05	9,17E-01	0,06309573	0,046767	74%
1,80E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,49E-05	1,17E+00	0,1	0,075933	76%
1,80E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,14E-05	1,46E+00	0,15848932	0,118844	75%
1,80E+04	-6,00E+00	0,00E+00	1,01E-04	1,81E+00	0,25118864	0,18281	73%
1,80E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,24E-04	2,23E+00	0,39810717	0,27652	69%
1,80E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,51E-04	2,72E+00	0,63095734	0,41072	65%
1,80E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,84E-04	3,31E+00	1	0,60904	61%
1,80E+04	2,00E+00	0,00E+00	2,01E-04	3,61E+00	1,58489319	0,72561	46%
1,80E+04	4,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	3,63E+00	2,51188643	0,73326	29%
1,80E+04	6,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	3,64E+00	3,98107171	0,73528	18%
1,80E+04	8,00E+00	0,00E+00	2,03E-04	3,65E+00	6,30957344	0,74095	12%
1,80E+04	1,00E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,65E+00	10	0,74095	7%
1,80E+04	1,20E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,65E+00	15,8489319	0,74095	5%
1,80E+04	1,40E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,65E+00	25,1188643	0,74095	3%
1,80E+04	1,60E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,66E+00	39,8107171	0,74298	2%
1,80E+04	1,80E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,66E+00	63,0957344	0,74298	1%
1,80E+04	2,00E+01	0,00E+00	2,03E-04	3,66E+00	100	0,74298	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,85E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,89E-05	5,34E-01	0,02511886	0,0154326	61%
1,85E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,87E-05	7,16E-01	0,03981072	0,0277092	70%
1,85E+04	-1,20E+01	0,00E+00	5,04E-05	9,32E-01	0,06309573	0,0469728	74%
1,85E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,41E-05	1,19E+00	0,1	0,076279	76%
1,85E+04	-8,00E+00	0,00E+00	8,03E-05	1,48E+00	0,15848932	0,118844	75%
1,85E+04	-6,00E+00	0,00E+00	9,93E-05	1,84E+00	0,25118864	0,182712	73%
1,85E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,22E-04	2,25E+00	0,39810717	0,2745	69%
1,85E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,49E-04	2,75E+00	0,63095734	0,40975	65%
1,85E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-04	3,34E+00	1	0,60454	60%
1,85E+04	2,00E+00	0,00E+00	1,95E-04	3,61E+00	1,58489319	0,70395	44%
1,85E+04	4,00E+00	0,00E+00	1,96E-04	3,63E+00	2,51188643	0,71148	28%
1,85E+04	6,00E+00	0,00E+00	1,97E-04	3,64E+00	3,98107171	0,71708	18%
1,85E+04	8,00E+00	0,00E+00	1,97E-04	3,65E+00	6,30957344	0,71905	11%
1,85E+04	1,00E+01	0,00E+00	1,97E-04	3,65E+00	10	0,71905	7%
1,85E+04	1,20E+01	0,00E+00	1,97E-04	3,65E+00	15,8489319	0,71905	5%
1,85E+04	1,40E+01	0,00E+00	1,98E-04	3,66E+00	25,1188643	0,72468	3%
1,85E+04	1,60E+01	0,00E+00	1,98E-04	3,66E+00	39,8107171	0,72468	2%
1,85E+04	1,80E+01	0,00E+00	1,98E-04	3,66E+00	63,0957344	0,72468	1%
1,85E+04	2,00E+01	0,00E+00	1,98E-04	3,66E+00	100	0,72468	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,90E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,86E-05	5,44E-01	0,02511886	0,0155584	62%
1,90E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,83E-05	7,28E-01	0,03981072	0,0278824	70%
1,90E+04	-1,20E+01	0,00E+00	4,98E-05	9,47E-01	0,06309573	0,0471606	75%
1,90E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,33E-05	1,20E+00	0,1	0,07596	76%
1,90E+04	-8,00E+00	0,00E+00	7,92E-05	1,50E+00	0,15848932	0,1188	75%
1,90E+04	-6,00E+00	0,00E+00	9,78E-05	1,86E+00	0,25118864	0,181908	72%
1,90E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	2,28E+00	0,39810717	0,2736	69%
1,90E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,46E-04	2,78E+00	0,63095734	0,40588	64%
1,90E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-04	3,37E+00	1	0,59986	60%
1,90E+04	2,00E+00	0,00E+00	1,90E-04	3,62E+00	1,58489319	0,6878	43%
1,90E+04	4,00E+00	0,00E+00	1,91E-04	3,64E+00	2,51188643	0,69524	28%
1,90E+04	6,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	3,64E+00	3,98107171	0,69888	18%
1,90E+04	8,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	3,65E+00	6,30957344	0,7008	11%
1,90E+04	1,00E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,65E+00	10	0,7008	7%
1,90E+04	1,20E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,65E+00	15,8489319	0,7008	4%
1,90E+04	1,40E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,66E+00	25,1188643	0,70272	3%
1,90E+04	1,60E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,66E+00	39,8107171	0,70272	2%
1,90E+04	1,80E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,66E+00	63,0957344	0,70272	1%
1,90E+04	2,00E+01	0,00E+00	1,92E-04	3,66E+00	100	0,70272	1%



Relatório de estágio

Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
1,95E+04	-1,60E+01	0,00E+00	2,84E-05	5,54E-01	0,02511886	0,0157336	63%
1,95E+04	-1,40E+01	0,00E+00	3,80E-05	7,40E-01	0,03981072	0,02812	71%
1,95E+04	-1,20E+01	0,00E+00	4,93E-05	9,61E-01	0,06309573	0,0473773	75%
1,95E+04	-1,00E+01	0,00E+00	6,25E-05	1,22E+00	0,1	0,07625	76%
1,95E+04	-8,00E+00	0,00E+00	7,81E-05	1,52E+00	0,15848932	0,118712	75%
1,95E+04	-6,00E+00	0,00E+00	9,64E-05	1,88E+00	0,25118864	0,181232	72%
1,95E+04	-4,00E+00	0,00E+00	1,18E-04	2,30E+00	0,39810717	0,2714	68%
1,95E+04	-2,00E+00	0,00E+00	1,44E-04	2,80E+00	0,63095734	0,4032	64%
1,95E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-04	3,41E+00	1	0,59675	60%
1,95E+04	2,00E+00	0,00E+00	1,86E-04	3,62E+00	1,58489319	0,67332	42%
1,95E+04	4,00E+00	0,00E+00	1,86E-04	3,64E+00	2,51188643	0,67704	27%
1,95E+04	6,00E+00	0,00E+00	1,87E-04	3,64E+00	3,98107171	0,68068	17%
1,95E+04	8,00E+00	0,00E+00	1,87E-04	3,65E+00	6,30957344	0,68255	11%
1,95E+04	1,00E+01	0,00E+00	1,87E-04	3,65E+00	10	0,68255	7%
1,95E+04	1,20E+01	0,00E+00	1,87E-04	3,65E+00	15,8489319	0,68255	4%
1,95E+04	1,40E+01	0,00E+00	1,87E-04	3,66E+00	25,1188643	0,68442	3%
1,95E+04	1,60E+01	0,00E+00	1,88E-04	3,66E+00	39,8107171	0,68808	2%
1,95E+04	1,80E+01	0,00E+00	1,88E-04	3,66E+00	63,0957344	0,68808	1%
1,95E+04	2,00E+01	0,00E+00	1,88E-04	3,66E+00	100	0,68808	1%
Resistência de carga (Ohms)	Pentrada (dBm)	Frequência (Hz)	Isaída (A)	Vsaída (V)	Pentrada (mW)	Psaída (mW)	Eficiência (%)
2,00E+04	-16,00	0,00E+00	2,82E-05	5,63E-01	2,51E-02	1,59E-02	63%
2,00E+04	-14,00	0,00E+00	3,76E-05	7,52E-01	3,98E-02	2,83E-02	71%
2,00E+04	-12,00	0,00E+00	4,87E-05	9,75E-01	6,31E-02	4,75E-02	75%
2,00E+04	-10,00	0,00E+00	6,18E-05	1,24E+00	1,00E-01	7,66E-02	77%
2,00E+04	-8,00	0,00E+00	7,71E-05	1,54E+00	1,58E-01	1,19E-01	75%
2,00E+04	-6,00	0,00E+00	9,50E-05	1,90E+00	2,51E-01	1,81E-01	72%
2,00E+04	-4,00	0,00E+00	1,16E-04	2,33E+00	3,98E-01	2,70E-01	68%
2,00E+04	-2,00	0,00E+00	1,42E-04	2,83E+00	6,31E-01	4,02E-01	64%
2,00E+04	0,00	0,00E+00	1,72E-04	3,44E+00	1,00E+00	5,92E-01	59%
2,00E+04	2,00	0,00E+00	1,81E-04	3,62E+00	1,58E+00	6,55E-01	41%
2,00E+04	4,00	0,00E+00	1,82E-04	3,64E+00	2,51E+00	6,62E-01	26%
2,00E+04	6,00	0,00E+00	1,82E-04	3,65E+00	3,98E+00	6,64E-01	17%
2,00E+04	8,00	0,00E+00	1,83E-04	3,65E+00	6,31E+00	6,68E-01	11%
2,00E+04	10,00	0,00E+00	1,83E-04	3,65E+00	1,00E+01	6,68E-01	7%
2,00E+04	12,00	0,00E+00	1,83E-04	3,65E+00	1,58E+01	6,68E-01	4%
2,00E+04	14,00	0,00E+00	1,83E-04	3,66E+00	2,51E+01	6,70E-01	3%
2,00E+04	16,00	0,00E+00	1,83E-04	3,66E+00	3,98E+01	6,70E-01	2%
2,00E+04	18,00	0,00E+00	1,83E-04	3,66E+00	6,31E+01	6,70E-01	1%
2,00E+04	20,00	0,00E+00	1,83E-04	3,66E+00	1,00E+02	6,70E-01	1%