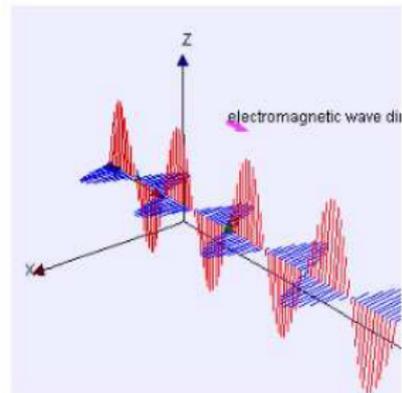
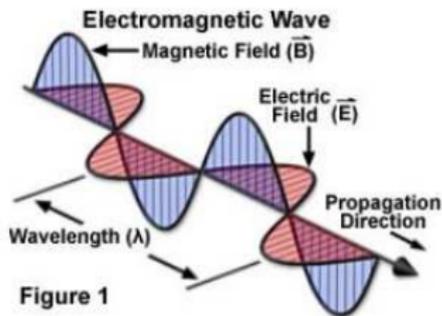


Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Geração de Ondas Eletromagneticas e Espectro

Em 1865, James Clark Maxwell, baseado em trabalhos de Coulomb, Ampere e Faraday, estabeleceu que qualquer carga elétrica oscilando gera 2 campos: um elétrico E e outro magnético B . Estes campos são perpendiculares entre si e à direção de propagação, constituindo uma onda, chamada onda eletromagnética.



Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas, como raios gama, podem ser originadas de forma espontânea pelos núcleos de átomos radioativos, como urânio, rádio e outros materiais (Fissão Nuclear, Reatores nucleares, Quasares, Explosões Solares, ou no decorrer de desintegrações radioativas). São muito penetrantes, podendo atravessar placas de chumbo de até 20 cm.

Moléculas e átomos excitados também emitem energia eletromagnética em uma faixa enorme de frequências. Ex: lâmpadas incandescentes.

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

Também podem ser geradas através de transições de elétrons entre níveis de energia dos átomos, por exemplo, materiais fosforescentes. Quando os elétrons caem de um estado de energia mais alto para um nível inferior, ondas eletromagnéticas são geradas.

Irradiações causadas pelas vibrações de elétrons mais internos dos átomos ou, mais comumente, pelo impacto de elétrons dotados de altas velocidades em um anteparo metálico (por exemplo, tubo de TV e de raios x).

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas podem ser geradas por processos eletrônicos controlado, como osciladores, e emitidas a partir de um dispositivo de irradiação (antena). Estas podem ser usadas para transmitir informações.

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

Frequência (Hz)	Comprimento de onda (m)	Forma usual de obtenção
10^{23}	10^{-14}	<ul style="list-style-type: none"> • Transições nucleares
10^{22}	10^{-13}	
10^{21}	10^{-12}	
10^{20}	10^{-11}	<ul style="list-style-type: none"> • Transições eletrônicas nos átomos (materiais fosforescentes) • Agitação térmica (lâmpadas incandescentes) • Colisões de elétrons com obstáculos (tubos de TV, tubos de raios X)
10^{19}	10^{-10} (1 Å)	
10^{18}	10^{-9} (1 nm)	
10^{17}	10^{-8}	
10^{16}	10^{-7}	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^{15}	10^{-6} (1 μm)	
10^{14}	10^{-5}	
10^{13}	10^{-4}	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^{12}	10^{-3} (1 mm)	
10^{11}	10^{-2}	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^{10}	10^{-1} (1 m)	
10^9	1	
10^8	10	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^7	10^1	
10^6	10^2 (1 km)	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^5	10^3	
10^4	10^4	
10^3	10^5	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.
10^2	10^6	
10	10^7	<ul style="list-style-type: none"> • Oscilações de elétrons em antenas, como nos transmissores de rádio, TV etc.



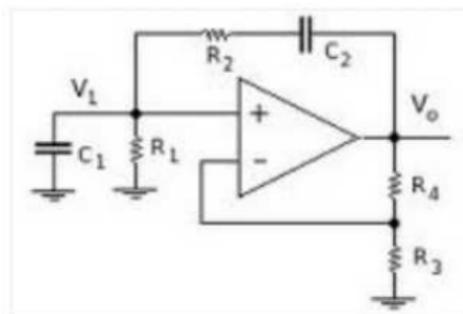
Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

É construído um circuito eletrônico para gerar um sinal repetitivo, uma função senoidal.

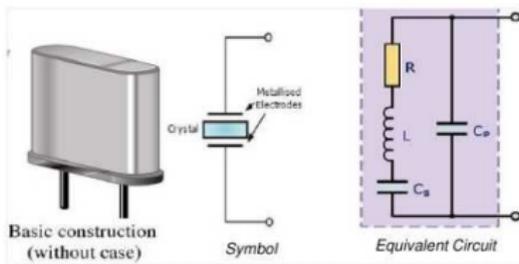
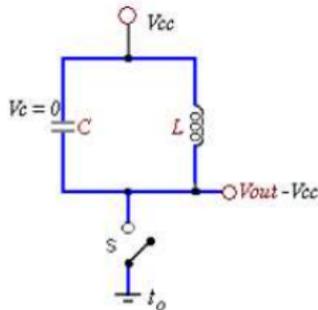
Para esse fim são utilizados osciladores. Existe vários tipos de osciladores, dependendo da aplicação, sendo os principais:

- Oscilador RC: frequências baixas (fixas e variáveis), são limitados a frequências inferiores a 1 MHz;
- Oscilador LC: frequências elevadas (fixas e variáveis), operar em frequência da ordem de centenas de MHz;
- Dispositivo piezoelétrico/cristal: frequência elevada (fixas e estáveis).

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas



Oscilador RC

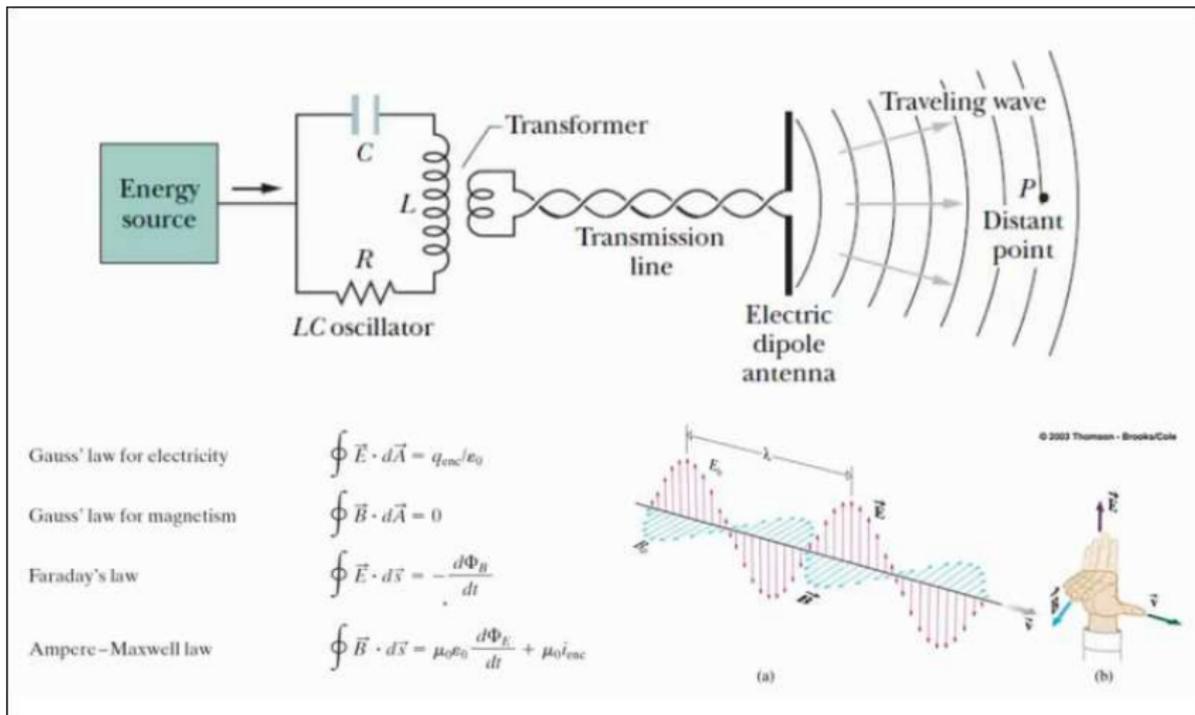


Oscilador a cristal

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas

Uma vez criada a corrente senoidal, ele irá para a antena. A corrente alternada cria um campo magnético ao redor da antena. No espaço, esse campo magnético induz um campo elétrico também no espaço. Este campo elétrico, por sua vez, induz um outro campo magnético no espaço, que induz um outro campo elétrico, que induz um outro campo magnético, e assim por diante, na velocidade da luz. A indução no meio é o responsável pela propagação das ondas eletromagnéticas.

Formas de obtenção de ondas eletromagnéticas



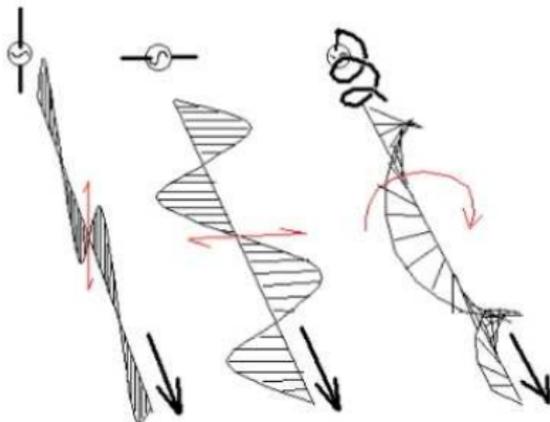
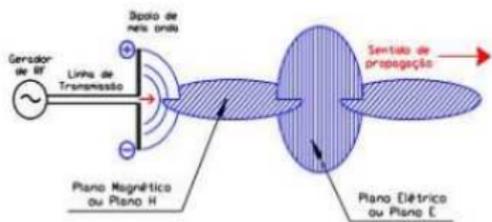
Polarização da onda eletromagnética

A polarização de uma antena indica como a onda eletromagnética, irradiada pela antena, se comporta no espaço. A polarização é definida pela direção de oscilação do campo elétrico.

Na polarização vertical o campo elétrico está perpendicular a terra e na horizontal esta paralelo a terra. Existem outros tipos de polarização como a circular e a elíptica, onde a direção do campo elétrico no espaço esta constantemente mudando de direção em relação ao solo, descrevendo uma circunferência ou uma elipse.

Polarização da onda eletromagnética

Numa ligação entre antenas é importante que as antenas Tx e Rx tenham polarizações compatíveis, evitando, assim, perdas por incompatibilidade de polarização.



Espectro Eletromagnético

Conforme a frequência (f) e, por conseguinte, seu comprimento de onda, as ondas eletromagnéticas recebem nomes diferentes. O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas, distribuídas em função da sua frequência, é denominado **espectro eletromagnético**. As radiações eletromagnéticas são classificadas em regiões de acordo com seu comprimento de onda e as formas de obtenção são as seguintes

Espectro Eletromagnético

Limites de frequência	Comprimento de onda	Denominação oficial	Tipos de ondas
3Hz – 30Hz	$10^8\text{km} - 10^4\text{km}$	ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>)	Ondas acústicas
30Hz – 300Hz	$10^6\text{km} - 10^3\text{km}$	SLF (<i>Super Low Frequency</i>)	Ondas acústicas
300Hz – 3KHz	$10^3\text{km} - 10^2\text{km}$	ULF (<i>Ultra Low Frequency</i>)	Ondas acústicas
3KHz – 30KHz	$100\text{km} - 10\text{km}$	VLF (<i>Very Low Frequency</i>)	Ondas muito longas
30KHz – 300KHz	$10\text{km} - 1\text{km}$	LF (<i>Low Frequency</i>)	Ondas longas
300KHz – 3MHz	$1\text{km} - 100\text{m}$	MF (<i>Medium Frequency</i>)	Ondas médias
3MHz – 30MHz	$100\text{m} - 10\text{m}$	HF (<i>High Frequency</i>)	Ondas curtas
30MHz – 300MHz	$10\text{m} - 1\text{m}$	VHF (<i>Very High Frequency</i>)	Ondas muito curtas
300MHz – 3GHz	$1\text{m} - 10\text{cm}$	UHF (<i>Ultra High Frequency</i>)	Micro-ondas
3GHz – 30GHz	$10\text{cm} - 1\text{cm}$	SHF (<i>Super High Frequency</i>)	Micro-ondas
30GHz – 300GHz	$1\text{cm} - 1\text{mm}$	EHF (<i>Extremely High Frequency</i>)	Micro-ondas
300GHz – 3THz	$1\text{mm} - 100\mu\text{m}$	Sem designação	Micro-ondas
300GHz – 375GHz	$1\text{mm} - 800\text{nm}$	Infravermelho	Faixa de luz
375THz – 790THz	$800\text{nm} - 380\text{nm}$	Luz visível	Faixa de luz
790THz – 22,5PHz	$380\text{nm} - 13\text{nm}$	Ultravioleta	Faixa de luz
22,5PHz – 45EHZ	$13\text{nm} - 6,7\text{pm}$	Raios X	Faixa de alta energia
45EHZ – 270EHZ	$6,7\text{pm} - 1\text{pm}$	Raios gama	Faixa de alta energia
270EHZ em diante	menor que 1pm	Raios cósmicos	Faixa de alta energia



Microondas - EHF (*Extremely High Frequency*)

Características

- Frequencia: 30 GHz a 300 GHz;
- Comprimento de onda: 1cm a 1mm
- Desvantagem: tem uma alta atenuação atmosférica (absorvido por gases na atmosfera). Atenuação pela chuva também é um problema. São bloqueados através de paredes
- Vantagem: Antenas de tamanho reduzido. Melhora a utilização do espectro através da reutilização de frequência. Permite diferentes sistemas operarem em proximidade sem causar interferência.
- Característica: óptica (refletem em superfícies metálicas), altamente direcional.
- Propagação: Direta (linha de visada);
- Aplicação: IEEE 802.11ad, 5G e Radar.

Microondas - EHF (*Extremely High Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - SHF (*Super High Frequency*)

Características

- Frequência: 3 GHz a 30 GHz
- Comprimento de onda: 10 cm a 1 cm
- Desvantagem: susceptível a atenuação por chuva (banda Ka)
- Vantagem: Largura de banda
- Propagação: direta (linha de visada)
- Aplicação: Wi-Fi (5 GHz), Comunicações via satélite e Radar.

Microondas - SHF (*Super High Frequency*)

Exemplo de antenas



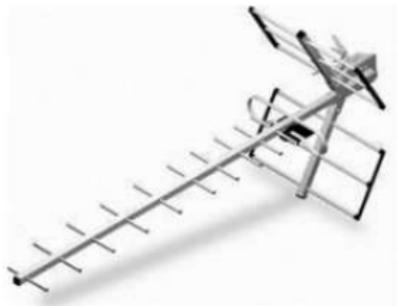
Microondas - UHF (*Ultra High Frequency*)

Características

- Frequência: 300 MHz a 3 GHz
- Comprimento de onda: 1m a 10 cm
- Desvantagem: umidade atmosférica, vento solar, obstruções
- Vantagem: antenas menores
- Propagação: linha de visão, bloqueado por montanhas e edifícios, mas tem poder de penetração em paredes.
- Aplicação: Televisão Analógica, Bluetooth, ZigBee, WiFi (2.4GHz), 3G, 4G, Serviços de rádio móvel, Rádio Amador.

Microondas - UHF (*Ultra High Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - VHF (*Very High Frequency*)

Características

- Frequência: 30 MHz a 300 MHz
- Comprimento de onda: 10 m a 1 m
- Desvantagem: horizonte de rádio (160 km)
- Vantagem: menos afetado que as frequências mais baixas por ruído atmosférico e interferência eletromagnética
- Propagação: linha de visão
- Aplicação: TV Analógica/Digital, Controle de tráfego aéreo, Comunicação militar/marítima, Radiodifusão e Radioamadorismo.

Microondas - VHF (*Very High Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - HF (*High Frequency*)

Características

- Frequência: 3 MHz a 30 MHz
- Comprimento de onda: 100 m a 10 m
- Desvantagem: susceptível pelo ruído atmosférico, interferência atmosférica, variações do dia, atividade solar, estação do ano
- Vantagem: comunicação a longa distância
- Propagação: ionosférica
- Aplicação: Comunicação militar/marítima, Radiodifusão e Radioamadorismo

Microondas - HF (*High Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - MF (*Medium Frequency*)

Características

- Frequência: 300 kHz a 3 MHz
- Comprimento de onda: 1000 m a 100 m
- Desvantagem: susceptível pelo ruído atmosférico, interferência atmosférica, variações do dia, condutividade do solo e antenas de grande dimensão.
- Vantagem: comunicação a longa distância
- Propagação: ondas de superfície e ionosféricas
- Aplicação: Radiodifusão (AM) e Serviços Aeronáuticos e Marítimos.

Microondas - MF (*Medium Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - MF (*Medium Frequency*)

Características

- Frequência: 30 kHz a 300 kHz
- Comprimento de onda: 10 km a 1 km
- Desvantagem: antenas de grande dimensão
- Vantagem: baixa atenuação
- Propagação: Segue a curvatura da Terra. Reflexão nas camadas baixas da ionosfera. Difração em montanhas
- Aplicação: Aeronavegação, Informações de tempo e Submarinos

Microondas - MF (*Low Frequency*)

Exemplo de antenas



Microondas - VLF (*Very Low Frequency*)

Características

- Frequência: 3 kHz a 30 kHz
- Comprimento de onda: 100 km a 10 km
- Desvantagem: antenas de grande dimensão
- Vantagem: penetrância, baixíssima atenuação (2 a 3 dB a cada 1000km)
- Propagação: Difrata nos obstáculos e não são bloqueadas por montanhas
- Aplicação: Comunicação Submarina.

Microondas - VLF (*Very Low Frequency*)

Exemplo de antenas

