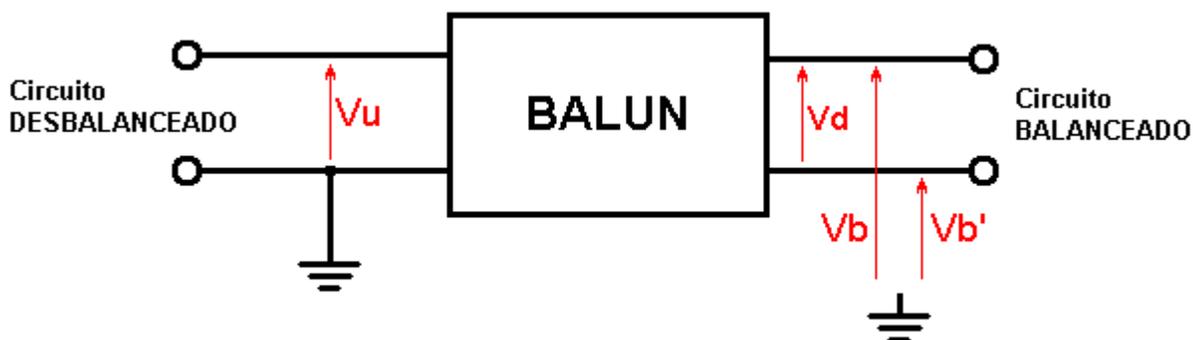


Baluns

Definições:

O **BALUN** é um dispositivo que permite interligar um **circuito BALANCEADO** a um **circuito DESBALANCEADO** ou vice-versa. Em inglês: "**BALANCED**" e "**UNBALANCED**", donde o nome **BALUN**.



PY4ZBZ

No texto seguinte, a palavra "**terra**" (entre aspas) se refere a um ponto comum de **referencia de potencial**, que pode ser a própria terra, ou qualquer outro condutor ou massa condutora usada como referencia de potencial, como por exemplo, chassis de um equipamento ou blindagem de um cabo coaxial, mesmo que não ligados eletricamente à terra.

Circuito BALANCEADO:

Um **circuito elétrico** é **balanceado** quando os seus **dois** condutores (ida e retorno) ou terminais, tem potencial (tensão) **simétricos** (V_b e V_b' na figura acima) em relação ao "terra", ou seja, cada terminal tem instantaneamente o **mesmo** potencial do outro, em relação ao "terra", e com **sinal trocado**. Por exemplo, se num determinado instante um terminal tem **+10 V** em relação ao "terra", o outro terá **-10 V**. A tensão

que interessa mesmo é a diferença entre V_b e $V_{b'}$, chamada tensão diferencial **Vd**. A média entre V_b e $V_{b'}$ deve ser zero e é chamada de tensão em [modo comum](#). O nome balanceado é por analogia a balança de pratos, onde um deles está sempre em posição simétrica em relação ao outro, com referencia a horizontal. E ainda, num circuito balanceado, os dois condutores ou componentes do circuito são sempre **idênticos**, apresentando as mesmas características elétricas, como capacitâncias em relação ao "terra", etc...Um exemplo de circuito balanceado é a antena **dipolo** de meia onda com alimentação no centro. Num circuito balanceado, nenhum dos dois terminais pode ser conectado ao "terra" (sem algum prejuízo ao seu correto funcionamento), pois ambos tem tensão em relação ao "terra". Um secundário de transformador com derivação central ligada ao "terra", é outro exemplo de circuito balanceado: os dois extremos do enrolamento tem sempre tensões iguais e com sinais opostos em relação ao "terra". Outro exemplo de circuito balanceado é a **linha bifilar** de transmissão, onde os dois condutores são idênticos e isolados da terra.

Circuito DESBALANCEADO:

O **circuito desbalanceado** se caracteriza por ter um dos terminais (ou condutores) ligado ao "terra", sendo que apenas um dos condutores tem tensão (V_u na figura acima) em relação ao "terra". Os dois condutores (ida e retorno) de um circuito elétrico desbalanceado são **diferentes**, sendo geralmente um deles (retorno) é a "massa", chassi, blindagem, ou plano terra do circuito. Um exemplo de circuito desbalanceado é o **cabo coaxial**, que é feito com dois condutores diferentes, o interno e a blindagem. A blindagem, mesmo que não ligada à terra, serve de referencia de potencial para o condutor interno. Somente o condutor interno tem potencial em relação ao "terra", a blindagem não (em condições normais). A maioria dos circuitos eletrônicos comuns, como amplificadores, osciladores, etc..., são circuitos desbalanceados (embora possam ser realizados de forma balanceada, ao custo de necessitarem o dobro de componentes).

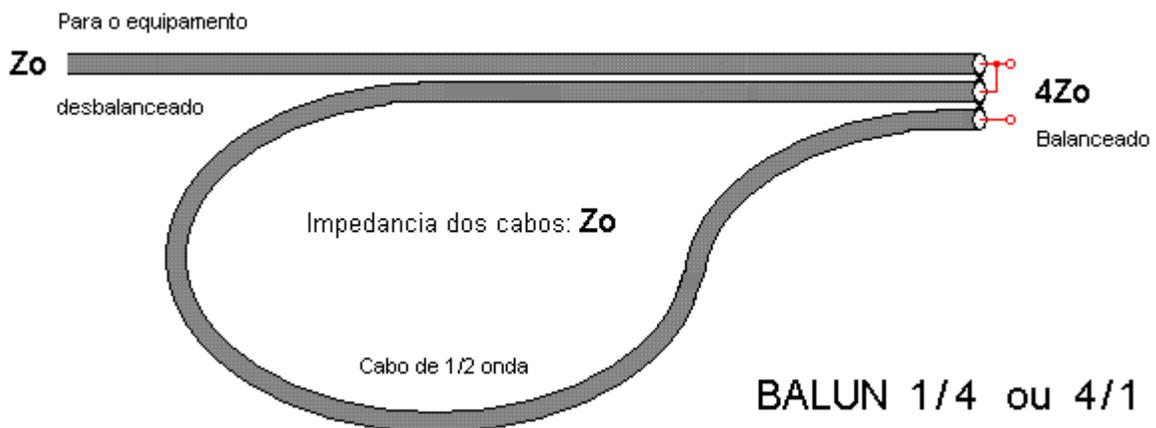
Não vou explicar aqui as vantagens e desvantagens de circuitos balanceados e desbalanceados, pois são **muitas** e dependem da

aplicação. Um exemplo típico de uso de balun é para ligar uma antena dipolo de meia onda comum (que é um circuito balanceado) a um cabo coaxial (que é um circuito desbalanceado). Quando se faz esta conexão sem uso de balun, haverá uma circulação de corrente extra na blindagem do cabo, devido ao potencial existente nos dois terminais do dipolo, o que causa uma série de efeitos (as vezes prejudiciais) como a irradiação pelo próprio cabo coaxial, o que deforma o diagrama de radiação da antena, entre outros.

Na pratica, existem muitas de formas de fabricar um BALUN, como por exemplo, o uso de transformadores banda larga com núcleo a ar ou de ferrite, circuitos sintonizados acoplados e tocos de cabos coaxiais (e outros ainda). Os dois últimos exemplos tem a desvantagem de funcionar em apenas uma banda estreita de freqüências.

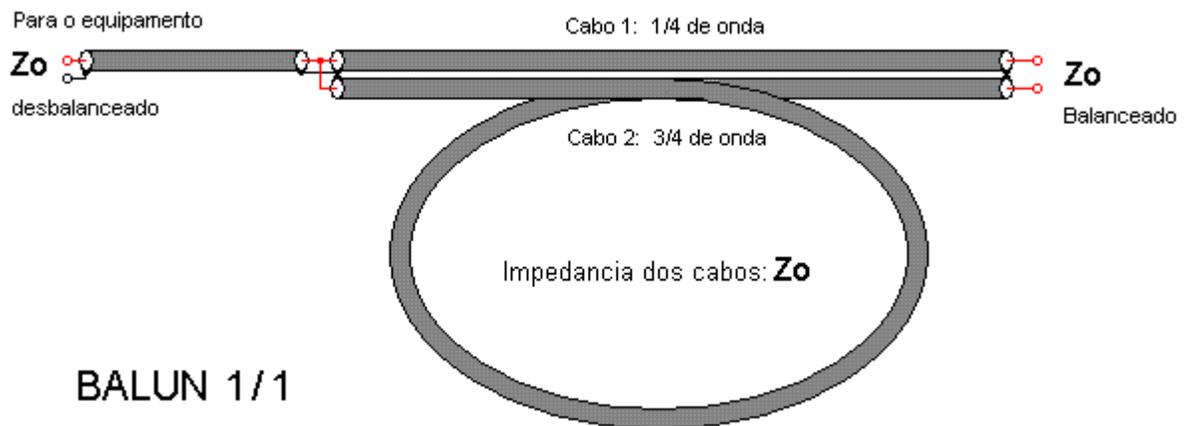
Exemplos de BALUN feitos com tocos de cabos coaxiais.

Um BALUN muito usado é o **1 para 4 (ou 4/1)**. Esta relação de 1/4 ou 4/1 se refere ao fato de que, além da função obvia de **BALUN**, ainda funciona como **transformador de impedância**, transformando a impedância do lado desbalanceado em outra **4 vezes** maior do lado balanceado, ou ainda, transforma a impedância do lado balanceado em outra **4 vezes** menor do lado desbalanceado. A figura seguinte mostra o circuito correspondente:



Se for feito com cabos com **Z_o** (**impedância característica**) de 50 ohms, apresentará 50 ohms do lado desbalanceado e 200 ohms do lado balanceado. Se for feito com cabos de 75 ohms, transformará 75 em 300 e vice-versa. Observe que do lado balanceado não tem conexão nenhuma com terra ou as blindagens dos cabos. Veja uma foto desse tipo de balun [aqui](#).

A figura seguinte mostra um circuito que é realmente apenas **BALUN**, pois não causa nenhuma transformação de impedância, donde o apelido 1/1:



PY4ZBZ

Novamente, se os cabos usados tiverem impedância característica Z_o de 50 ohms, o BALUN permitirá ligar um circuito balanceado de 50 ohms a um circuito desbalanceado de 50 ohms. Se forem de $Z_o = 75$ ohms, os circuitos também deverão ser de 75 ohms.

Como foi mencionado anteriormente, a desvantagem desse tipo de realização pratica de balun, com tocos de cabo coaxial, é que funciona apenas num **faixa estreita de freqüências**, da ordem de 5% da freqüência central de projeto, pois o comprimento dos tocos de cabo depende da freqüência.

Veja [aqui um artigo](#) sobre o funcionamento dos baluns mencionados anteriormente.

Calculo dos comprimentos dos cabos.

Os BALUNs acima requerem cabos com **1/4 e 3/4 de onda de comprimento elétrico** para o BALUN 1/1 e de **1/2 onda de comprimento elétrico** para o BALUN 1/4.

Como transformar **comprimento elétrico** de um cabo para **comprimento físico** ?

É simples: É sabido que o comprimento de uma onda eletromagnética no vácuo ou no ar é igual a velocidade da luz dividida pela freqüência da onda. Com a freqüência **F** em **megahertz (MHz)**, teremos o comprimento da onda em **metros** usando a formula seguinte:

comprimento de onda no ar (em metros) = 300 / F (MHz)

Portanto:

3/4 de comprimento de onda no ar = 225 / F (pois 3/4 de 300 = 225)

1/2 comprimento de onda no ar = 150 / F (pois 1/2 de 300 = 150)

1/4 de comprimento de onda no ar = 75 / F (pois 1/4 de 300 = 75)

Repetindo: comprimento em metros e freqüência em MHz.

Como a **velocidade de propagação num cabo coaxial, com isolante diferente do ar, é menor que a velocidade da luz**, temos que multiplicar o comprimento no ar pelo fator de velocidade do cabo para termos o **comprimento da onda no cabo**. Por exemplo, o fator de velocidade do cabo RG58 é de **0,67**, ou ainda, é **67%** da velocidade da luz. Cabos com isolante do tipo "celular", que é uma mistura de polietileno com ar, esse fator é de 0,81 ou 81% da velocidade da luz. O fator de velocidade é fornecido pelo fabricante do cabo, e é devido **UNICAMENTE** ao isolante existente entre condutor interno e a blindagem.

Então temos:

Comprimento físico do cabo =

comprimento elétrico x comprimento da onda no ar x fator de velocidade do cabo.

Exemplos:

Vamos calcular o comprimento físico dos cabos usados nos BALUNs acima, para a frequência de **146 MHz** e cabo **RG58**, com fator de velocidade de **67%**:

Cabo de 1/4 de onda: $0,67 \times 75 / 146 = 0.344$ m ou 34,4 cm

Cabo de 1/2 onda: $0,67 \times 150 / 146 = 0,688$ m ou 68,8 cm

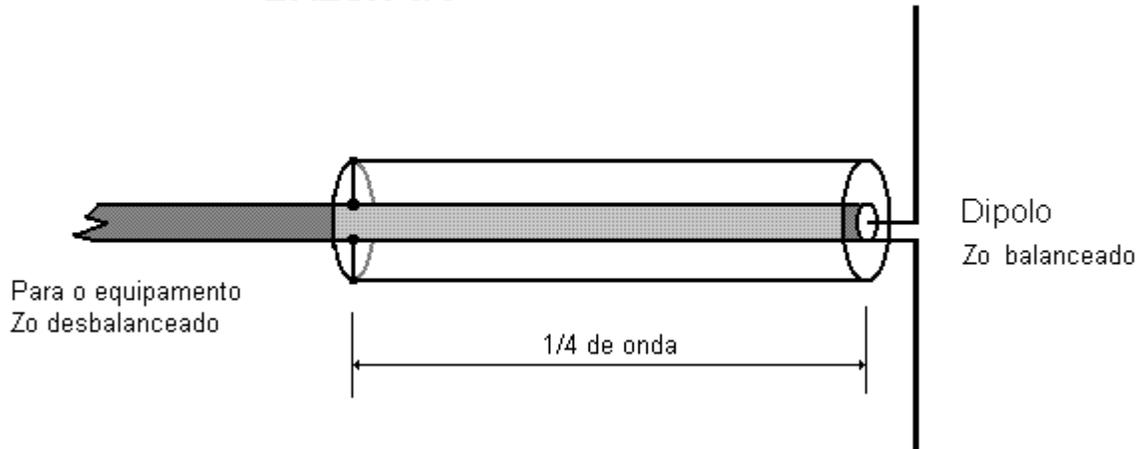
Cabo de 3/4 de onda: $0,67 \times 225 / 146 = 1,03$ m ou 103 cm

A título de comparação: o **comprimento da onda** de **146 MHz** é de $300/146=2,05$ metros no ar.

BALUN tipo bazooka ou sleeve.

Este BALUN é mais prático de ser construído para VHF e UHF, Consiste em colocar o cabo coaxial, do lado do dipolo, dentro de um tubo de metal, com 1/4 de comprimento de onda, cuja extremidade oposta ao dipolo é ligada à blindagem do cabo coaxial, como mostra a figura seguinte:

BALUN 1/1 Bazooka ou Sleeve

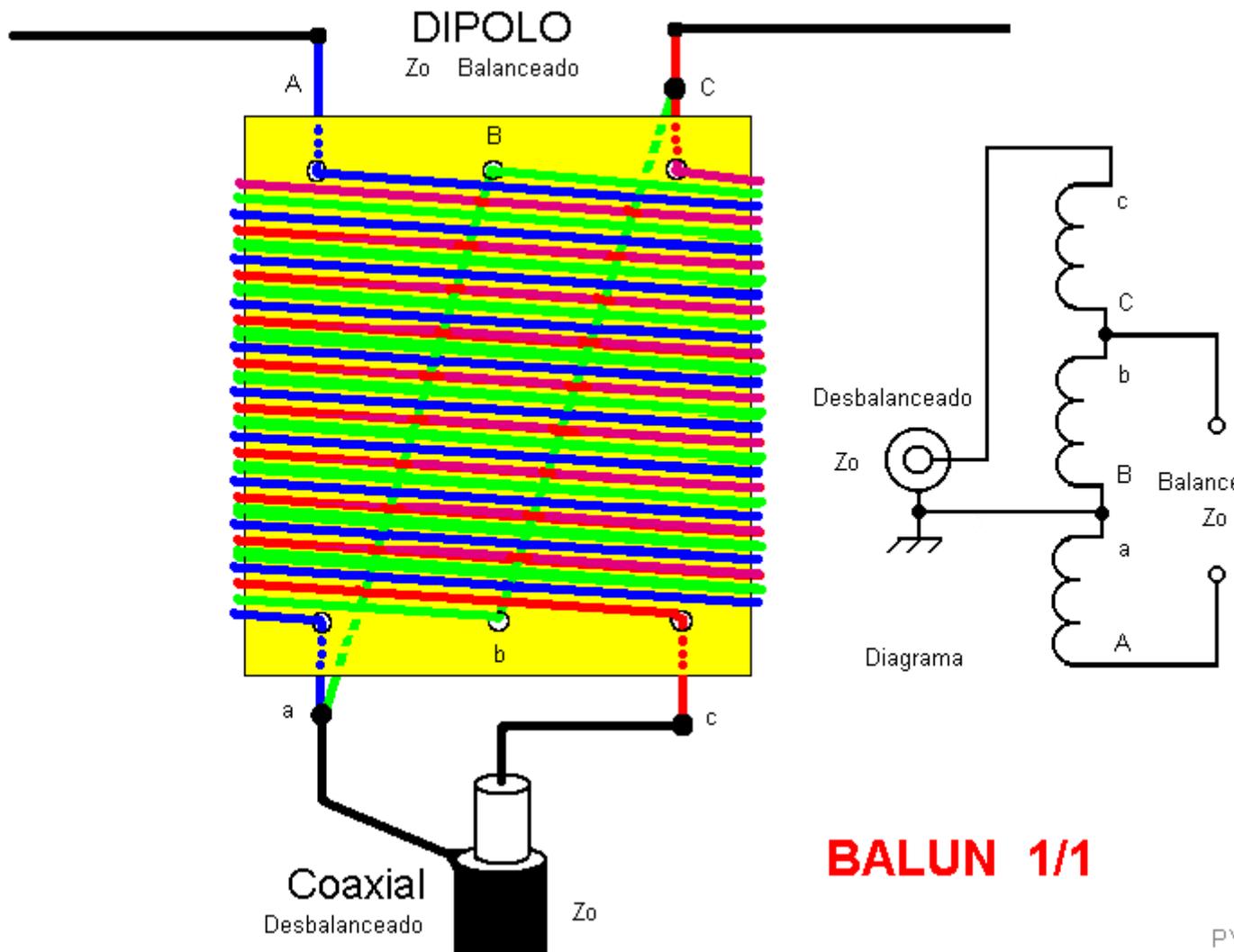


PY4ZBZ

Deve existir um espaço de ar entre o cabo e a parede interna do tubo. O diâmetro interno do tubo deve ser pelo menos o dobro do diâmetro externo do cabo coaxial. O tubo deverá ter $1/4$ de comprimento de onda no ar. O cabo deve ficar bem centrado dentro do tubo e sem nenhum contato elétrico com o tubo, exceto do lado onde é ligado a blindagem do cabo. Obviamente, esse BALUN também é de banda estreita e não causa transformação de impedância. O tubo forma, junto com a blindagem do cabo coaxial, um cabo coaxial de $1/4$ de onda. Como um lado está em curto, o outro tem impedância infinita, bloqueando assim a [corrente de modo comum](#).

Exemplos de BALUN banda larga feitos com transformadores.

A figura seguinte é um exemplo de BALUN 1/1, banda larga, com núcleo de ar, para ondas curtas. Os 3 enrolamentos devem ter o mesmo número de espiras, para que não haja transformação de impedância:



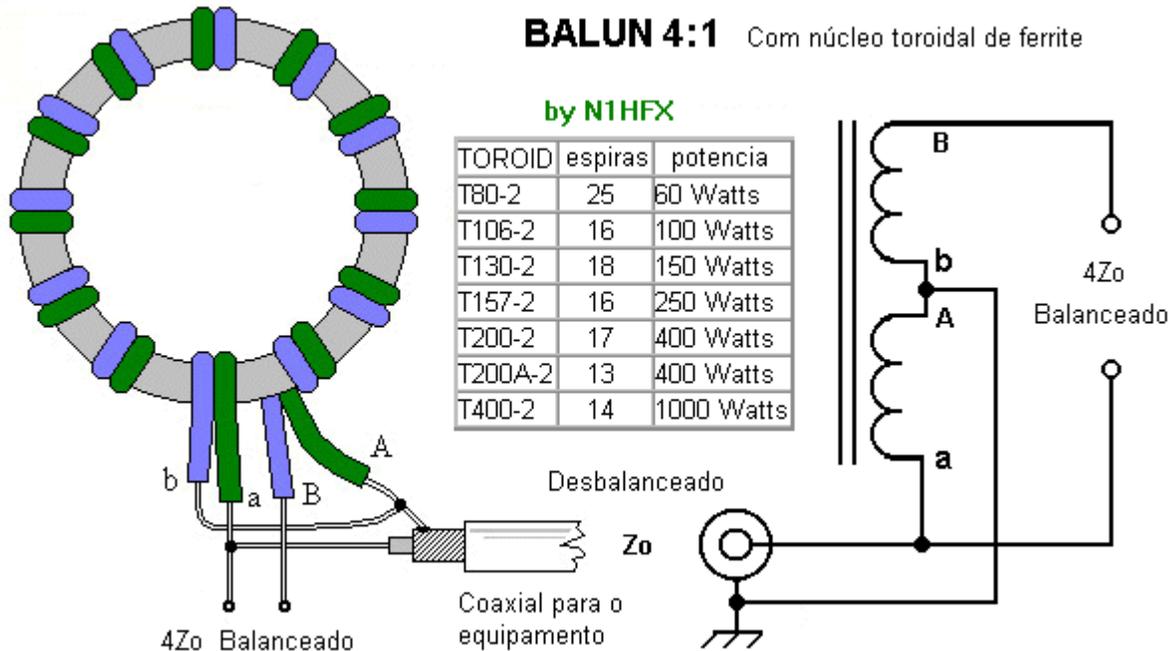
BALUN 1/1

Para as bandas de 20 até 10 metros, cada enrolamento tem 10 espiras, como mostrado na figura acima, com três cores diferentes, formando um enrolamento trifilar. A forma da bobina é um tubo de PVC de 25 a 40 mm de diâmetro. Para operar a partir de 80 metros, cada enrolamento terá 15 espiras. O diâmetro do fio isolado não é crítico, desde que suporte a corrente proporcionada pela potencia do sinal TX.

A figura seguinte é um exemplo de BALUN 4/1 , banda larga, para ondas curtas, com núcleo toroidal de ferrite:

BALUN 4:1 Com núcleo toroidal de ferrite

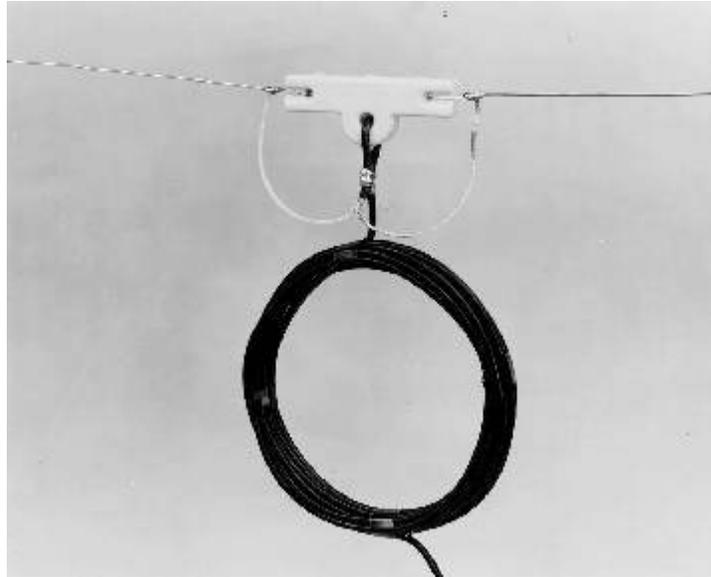
by N1HFX



Esse balun pode ser montado também na forma trifilar para ser 1/1, usando o mesmo esquema do balun 1/1 anterior, mas com o numero de espiras da tabela acima, para cada enrolamento, de acordo com a potencia máxima suportada pelo núcleo.

BALUN banda larga tipo choque.

O BALUN seguinte é feito com o próprio cabo coaxial que alimenta a antena, e deve estar situado próximo a antena. A indutância criada pelo enrolamento feito com o cabo impede (ou reduz) a [corrente de modo comum](#) que circularia na blindagem do cabo na ausência do BALUN :



O BALUN é uma bobina feita com o próprio cabo, com diâmetro da ordem de 10 cm para cabos finos com RG58 e da ordem de 15 cm para cabos grossos com o RG213. Para operar de 3,5 a 30 MHz, bastam 10 espiras. Acima de 14 MHz, bastam 8 espiras. Pode ser usado também em VHF, fazendo uma bobina helicoidal de 5 espiras sobre um cilindro isolante com o menor diâmetro possível para não forçar muito o cabo.

O que é corrente de modo comum ?

Vamos analisar o caso específico de um dipolo alimentado por um cabo coaxial.

Num cabo coaxial corretamente terminado por uma carga desbalanceada, a corrente do condutor interno (ida) é **igual** a corrente na blindagem (retorno) mas com **sentido** (ou **polaridade**) **trocado**. A soma algébrica destas duas correntes é zero. A **média destas duas correntes é chamada de corrente de modo comum, e num cabo coaxial devidamente terminado, deve ser zero**. Como as duas correntes são iguais e opostas e concêntricas, o cabo não gera nenhum campo magnético na parte externa à blindagem, portanto não irradia.

Mas quando o cabo coaxial é ligado a um dipolo, esta soma não é mais zero, devido a uma corrente extra na blindagem do cabo. Como o dipolo é um circuito balanceado e simétrico, ele tende a desenvolver tensões simétricas em relação a terra no seus dois terminais, devido as capacitâncias dos dois lados do dipolo em relação à terra (entre outros fatores) e que formam um divisor capacitivo. Como o cabo coaxial está

aterrado no lado inferior (lado do transmissor), a tensão existente em relação à terra, na metade do dipolo ligada à blindagem, fará circular uma corrente extra nesta blindagem (além da corrente já existente). Esta nova corrente será limitada pela impedância apresentada pela blindagem do cabo todo. Agora a média entre a corrente do condutor interno e a corrente na blindagem não é mais zero, portanto temos uma corrente de modo comum. E portanto o cabo gera campo magnético na parte externa a blindagem, ou seja, passa a irradiar, o que não é desejável.