# 第三章概念解释

* **倍频程**

**核心概念是：频率翻倍或减半。**

**数学定义：如果一个频率 f2 是另一个频率 f1 的 2 的 n 次方倍，那么它们相差 n 个倍频程。**

* **以6dB/倍频程速率变化**

一种频率响应特性：当一个信号的频率每增加一个倍频程（即翻一倍），系统对该信号的响应（输出功率或幅度）就会变化 6 dB。

“6 dB/倍频程”的滚降速率是一阶系统（First-order System）的标志性特征。

* **分贝 (dB)**

分贝是一个对数单位，用于表示比值（通常是功率或幅度的比值）。它的优势在于能将非常大的动态范围压缩成一个小尺度的数字。

* **IMD（Intermodulation Distortion） - 互调失真**

1. 物理意义

IMD描述了当两个或以上不同频率的信号同时输入一个非线性系统时，系统会产生新的、原本不存在的频率分量的现象。 这些新的频率成分称为互调产物（IMPs - Intermodulation Products）。

2. 重要性

衡量电路非线性导致的“频谱再生”效应，其核心关注点是三阶互调产物（IMD3）[]，因为它会直接污染紧邻的有用信道。

* **M₃（Third-Order Intercept Point） - 三阶交调截点**

1. 物理意义

M₃（更标准的符号是 IP3，即 Third-Order Intercept Point）是一个理论上的点，它用于衡量电路处理大信号而不产生失真的“潜力”或“能力”，是表征电路线性度优劣的一个核心指标。

它不是直接测量得到的：你无法在实际电路中测量到IP3点，因为在那之前电路早已饱和压缩。

它是一个外推的概念：随着输入功率增大，理想线性输出功率（基波分量）按1:1（斜率1）增大，而三阶互调产物的功率则会按1:3（斜率3）的速率增大。将这两条斜率的直线向外推延，它们会相交于一点，这个点就是IP3。

IIP3：输入三阶交调截点（Input IP3），是输入功率坐标上的交点。

OIP3：输出三阶交调截点（Output IP3），是输出功率坐标上的交点。

2. 价值

用于衡量和比较电路线性度性能的“标杆”。它的值越高，代表电路的线性性能越好，越不容易产生有害的三阶互调失真。

* **Q值**

在一个谐振电路中，电路存储的能量与每个周期内消耗（损耗）的能量的比值的 倍。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **特性** | **高 Q 值电路** | **低 Q 值电路** |
| **物理意义** | 低损耗，高储能 | 高损耗，低储能 |
| **频率响应** | 曲线尖锐，选择性好 | 曲线平坦，选择性差 |
| **带宽** | 窄 (Δf = fr / Q) | 宽 |
| **效率** | 高 | 低 |
| **稳定性** | 对元件变化敏感，稳定性差 | 对元件变化不敏感，稳定性好 |
| **好比** | 一个又细又高的山峰（只能让特定高度的人通过） | 一个宽阔平坦的高原（各种高度的人都能通过） |
| **典型应用** | 晶体振荡器、射频选频、窄带滤波器 | 宽带放大器、音频电路、阻抗匹配网络 |

# 第四章概念解释

* **射频、本振、中频、镜频**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **概念** | **核心比喻** | **核心角色** | **关键特性** |
| **射频** | 外语原声 | 被处理的**目标信号** | 高频、可变 |
| **本振** | 翻译官 | 频率转换的**参考源** | 纯净、稳定 |
| **中频** | 翻译成的中文 | 便于处理的**中间信号** | **固定频率** |
| **镜频** | 捣乱的假翻译 | 必须被滤除的**干扰信号** | 虚假、有害 |

**射频 (RF - Radio Frequency)**

1. 是什么

直接从天线接收下来的、载有信息的高频信号，频率非常高（例如：FM广播 100MHz，Wi-Fi 2.4GHz），不同电台频率不同。

2. 特点

**频率高有利于天线发射和传播，但太高了不方便直接进行放大和滤波处理**（因为高频率下电路元件性能会下降，且选择性差）。

**本振 (LO - Local Oscillator)**

1. 是什么

**接收机内部自己产生**的一个纯正的高频正弦波信号。

2. 特点

频率非常稳定和纯净。它的唯一工作就是提供一个参考频率。

**中频 (IF - Intermediate Frequency)**

1. 是什么

将**射频信号和本振信号**通过一个叫做**混频器**的电路进行“混合”后，产生的一个**新的、频率较低的信号**。

2. 特点

频率是固定的（例如：AM广播中频为455kHz，FM广播中频为10.7MHz）。无论你要接收哪个（RF），经过混频后，都被**统一转换**成一个固定的中频。这样，后续所有复杂的放大、滤波电路都只需要为这一个固定的频率进行优化设计，性能可以做得非常好。

3. 表示

**镜频 (Image Frequency)**

1. 是什么

一个**不受欢迎的干扰信号频率**。它是混频过程的副产品，是由于混频器的非线性特性产生的一个虚假响应。混频器其实是一个乘法器。它的输出中不仅包含我们需要的差频（或和频），还会包含其他组合频率。**镜频就是那个能产生同样中频结果的干扰频率。**

2. 抑制方法

为了解决镜频干扰，在信号进入混频器之前，会经过一个 “**镜频抑制滤波器**”（通常是可调的LC谐振电路或固定的SAW滤波器）。

RF → (RF + LO) 在混频器中混合 → 产生 IF → 后续处理

3. 镜频频率

* **信号边带、单边带信号、双边带信号**

1. 信号边带

要理解边带，首先要从**调制 (Modulation)** 说起。

**载波 (Carrier)：**一个高频的正弦波，其本身不包含有用信息。它的作用就像“承运货物”的卡车。

**调制信号 (Modulating Signal)：**我们需要发送的低频信息（比如人的声音、音乐、数据）。它就像需要运输的“货物”。

**调制的过程，就是用“货物”（调制信号）去改变“卡车”（载波）的某些属性（幅度、频率或相位）。**

当调制发生时（以最简单的幅度调制AM为例），载波信号的频谱会发生变化。它不再是单纯的一根线，而是**在载波频率 (f\_c) 的两侧，**会**对称地**产生一系列新的频率分量。

**这些新产生的、位于载波频率两侧的频率成分，就叫做【边带】。**

**下边带 (LSB - Lower Sideband)：**频率低于载波频率 f\_c 的所有边带成分。

**上边带 (USB - Upper Sideband)：**频率高于载波频率 f\_c 的所有边带成分。

**关键点： 真正的信息（你的声音、音乐）完全包含在这些【边带】里，而【载波】本身不包含信息，只起到运载作用。**

2. 双边带信号 (DSB - Double Sideband)、单边带信号 (SSB - Single Sideband)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **信号** | **包含成分** | **优点** | **缺点** |
| **双边带 (AM)** | 载波 + 上边带 + 下边带 | 接收机简单、廉价 | 功率/频谱效率低 |
| **单边带 (SSB)** | **仅**上边带**或**下边带 | 功率/频谱效率高，抗干扰强 | 收发设备复杂 |

* **巴伦**

巴伦（Balun） 是 **Bal**anced to **Un**balanced（平衡到不平衡）转换器的缩写。

它的核心作用是在**平衡（差分） 信号**和**不平衡（单端） 信号**之间进行转换，同时保证两者之间的高效能量传输。

1. 平衡 vs. 不平衡

**不平衡信号/系统**：信号在一根导线（如中心导体）上传输，而另一根导线（如屏蔽层）是地电位。例如：同轴电缆、微带线。大多数标准射频源和测量设备（如矢量网络分析仪）的输出端口都是不平衡的。

例子：同轴电缆，中心线是信号，外层编织网是地。

**平衡信号/系统：**信号由两个幅度相等、相位相差180度的信号组成，没有单一的地参考。例如：偶极子天线、差分放大器、 twisted-pair（双绞线）。

例子：偶极子天线的两个振子，一个接正相信号，另一个接反相信号。

2. 巴伦的核心作用

如果不做转换，直接将一个不平衡源（如同轴线）连接到一个平衡负载（如偶极子天线），会导致一系列问题：

电流不平衡：天线的电流分布会变得不对称。

辐射方向图畸变：天线的理想辐射方向图会发生扭曲。

\*\* 不需要的辐射\*\*：同轴电缆的外屏蔽层本身会因不平衡电流而成为天线的一部分，辐射或接收干扰信号，破坏方向性并产生干扰。

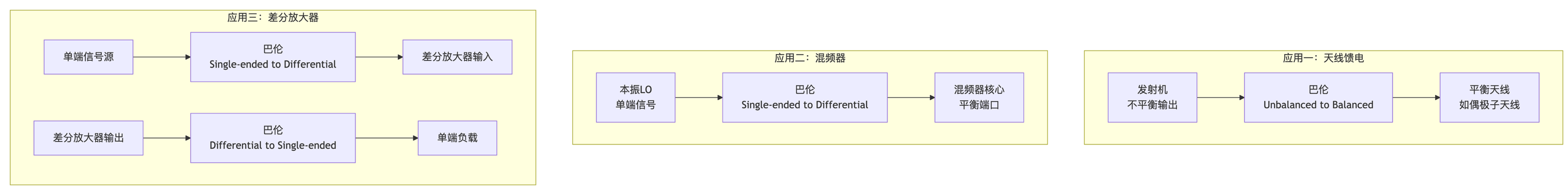
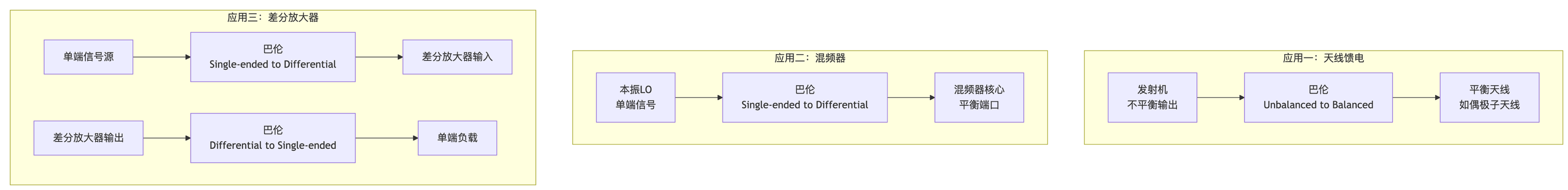
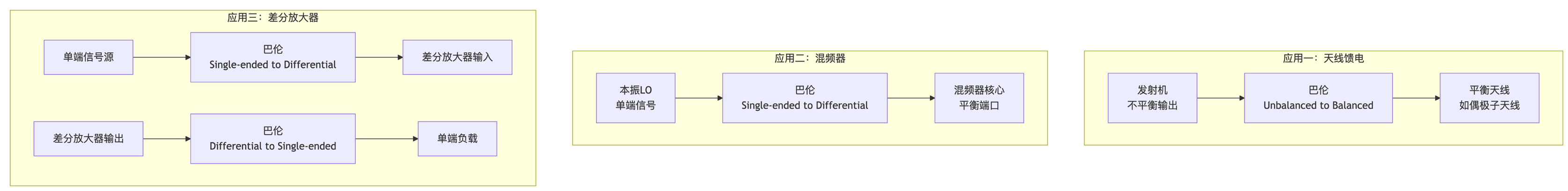
因此，巴伦的核心作用可以总结为：

模式转换：在单端信号和差分信号之间进行转换。

阻抗变换：许多巴伦结构（如变压器型）同时具备阻抗变换功能，例如将50Ω不平衡阻抗转换为200Ω平衡阻抗。

共模抑制：抑制在平衡线路上的、相位相同的噪声（共模噪声），只让差分信号通过。

3. 巴伦的放置位置



**混频器的本振（LO）或射频（RF）端口**：现代高性能混频器通常设计为平衡结构（如双平衡混频器），以获得更好的线性度和端口隔离度。因此需要巴伦将单端输入信号转换为平衡信号送入混频器。

# 第五章概念解释

* 全波整流与半波整流

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **特性** | **半波整流** | **全波整流** |
| **工作**  **原理** | 只允许输入信号的**一个半周**（通常为正半周）通过 | 允许输入信号的**正、负两个半周**都通过，并转换为同一方向 |
| **二极管数量** | 1 个 | 4 个（桥式）或 2 个（带中心抽头变压器） |
| **输出**  **频率** | 与输入频率相同（如 50Hz） | **输入频率的两倍**（如 100Hz） |
| **平均输出电压** | 较低 () | 较高 () |
| **效率** | 低 (约 40.6%) | 高 (约 81.2%) |
| **纹波** | 大、频率低，**更难滤波** | 小、频率高，**更容易滤波** |
| **应用** | 仅用于要求极低、简单且效率无关紧要的场合 | **绝大多数电源电路**的首选方案 |

1. 概念

全波整流是一种将交流电（AC）转换为直流电（DC）的电路处理过程。

2. 工作原理

通过二极管的单向导电性，将输入交流信号的两个半周（正半周和负半周）都利用起来，使输出的电流方向变为单一方向。

3. 作用

（核心作用是 AC/DC转换）

提高效率：与半波整流相比，它利用了输入波形的全部周期，因此在相同的变压器尺寸下，能提供更大的输出功率和更高的转换效率。

降低纹波：输出波形的频率是输入的两倍（例如，50Hz输入变为100Hz输出），这意味着脉动成分变化更快，后续的滤波电路（通常是一个大电容）可以更轻松地将其“平滑”成更稳定的直流电，从而得到纹波更小、质量更高的直流输出。

# 第六章概念解释

* 微波振荡器

1. 定义

一个能够自动将直流电能转换为特定高频微波交流信号的电子电路或组件。

核心构成部分通常包括：

**有源器件：**提供能量转换和放大，如晶体管（BJT, FET, HEMT）、二极管（Gunn二极管、IMPATT二极管）或微波真空管。

**谐振器：**决定振荡频率的核心元件。它像一个高Q值的“声学音叉”，只在一个非常尖锐的频率上产生谐振，从而稳定振荡器的频率。可以是：

LC谐振电路（低频或集总参数）

介质谐振器 (DRO) -> 高稳定性

声表面波谐振器 (SAW) -> 中等频率

腔体谐振器 -> 高功率

石英晶体谐振器（但基频通常最高到几百MHz，微波频段需配合倍频器使用）

YIG谐振器（磁调，频率可调范围很宽）

**稳压电路和温控电路：**用于提高频率和输出功率的稳定性。

2. 作用

**产生载波 (Generate Carrier)：**

产生一个纯净、稳定的单一频率的高频正弦波。这个波本身不携带信息，它的作用就像运载货物的“卡车”，因此被称为“载波”。后续的调制电路会把信息（声音、数据、图像）“装载”到这个载波上。

**提供本地振荡信号 (Provide Local Oscillator - LO)：**

在超外差式接收机或发射机中，它为混频器提供一个参考信号。混频器通过将这个参考信号与接收到的射频信号混合，从而完成频率的上变换或下变换（例如，将高频信号变为容易处理的中频信号）。

* 负阻和负阻二极管

1. 负阻 (Negative Resistance)：

**行为：**在一个特定的工作区间内，其行为**违背欧姆定律**。当电流 I 增大时，其两端的电压 V 反而减小；反之，电流减小，电压增大。它的伏安特性曲线在这个区间内是向下倾斜的。

**能量：提供能量**。它不是一个“电阻器”，而是一个有源器件，能够将直流电源的能量转换为交流信号的能量。它相当于一个信号的“放大器”或“发生器”。

2. 负阻二极管

负阻二极管是一类特殊的半导体二极管，其核心特性就是在特定的工作偏压下，会表现出上面所述的负阻效应。

它的负阻特性源于其独特的物理结构和内部复杂的载流子传输机制。

工作原理（简述）

**加电：**在两端施加一个直流偏压。

形成偶极层：在半导体内部形成一个高电场区域（称为“偶极层”或“畴”）。

**载流子加速与能量释放：**电子被高压电场加速，获得动能。当它们穿过这个区域时，会将能量释放给微波场（交流信号），而不是从微波场吸收能量。

**维持振荡**：这个**向外部电路释放能量**的过程，恰好抵消了电路中的正电阻损耗。如果释放的能量大于损耗的能量，就能维持甚至放大某个特定频率的交流信号的振荡。

**正因为它们能向外电路提供能量，所以可以作为微波振荡器的核心器件。**

**负阻二极管的负阻效应通常与载流子的渡越时间效应和能量转移有关。**