

射频特训班



凡亿教育®
WWW.FANYEDU.COM

WWW.FANYEDU.COM

第一讲 射频电路基础与核心技术

主讲：汪 朋

QQ: 3180564167





目录页

01 射频与射频系统原理

02 射频调制原理

03 射频收发机系统

04 射频电路项目应用

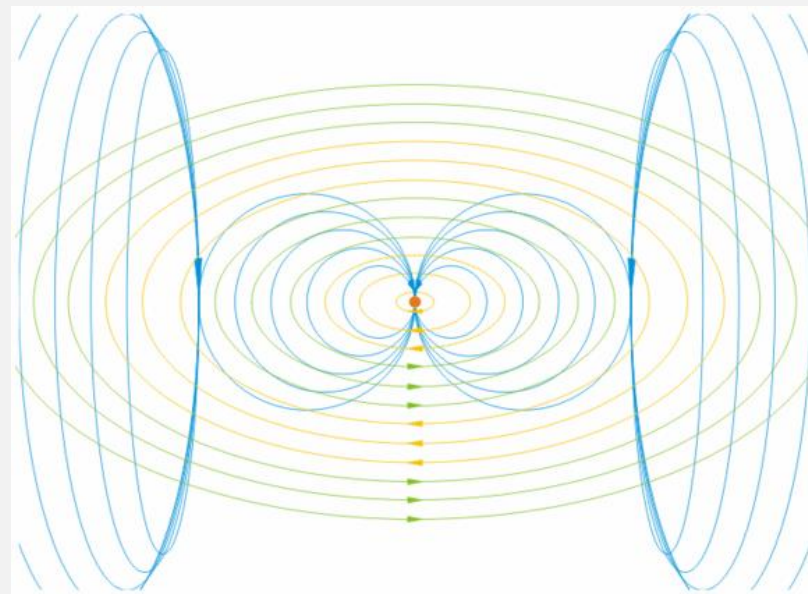
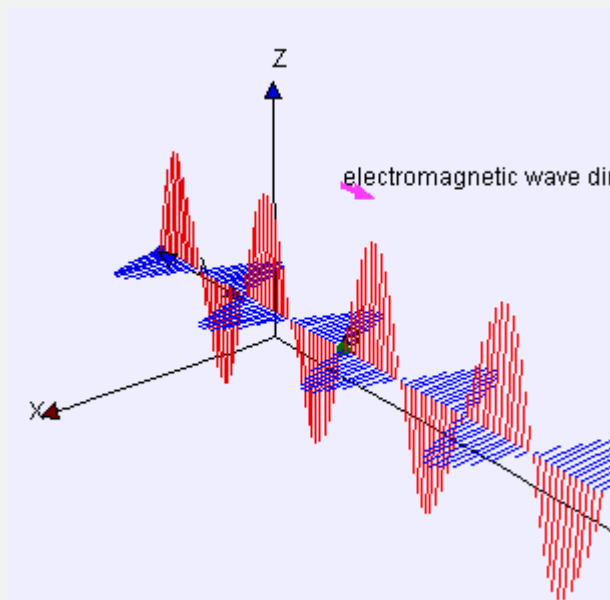
Part

1

射频与射频系统原理

射频基础理论

射频?



名称	P 波段	L 波段	S 波段	C 波段	X 波段	Ku 波段	K 波段	Ka 波段
频率	230-1000 MHz	1-2GHz	2-4GHz	4~8GHz	8-12.5GHz	12.5~18GHz	18~26.5GHz	26.5~40GHz

射频?

Radio Frequency,

可以发射的频率, 通常频率范围300KHz~30GHz……

为什么频率越高数据量越大?

什么是射频电路? 滤波器、放大器、混频器、振荡器、功分器、移相器、衰减器、合路器、限幅器、耦合器;

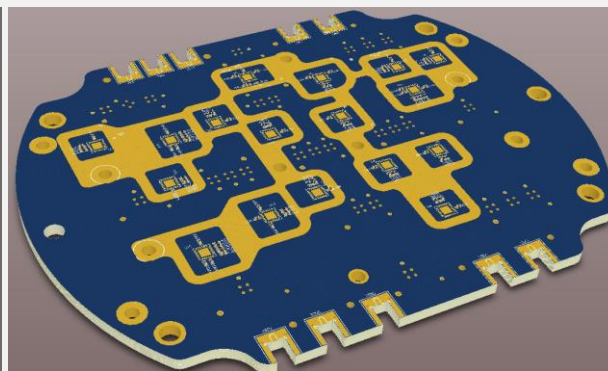
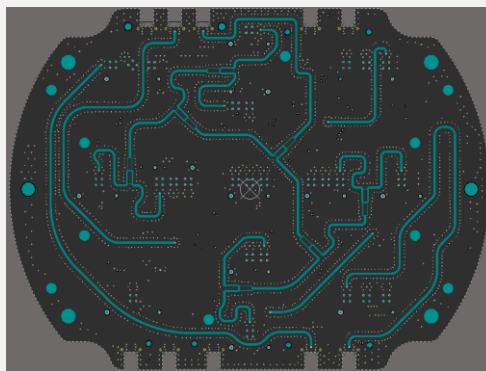
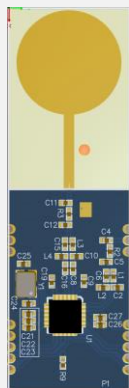
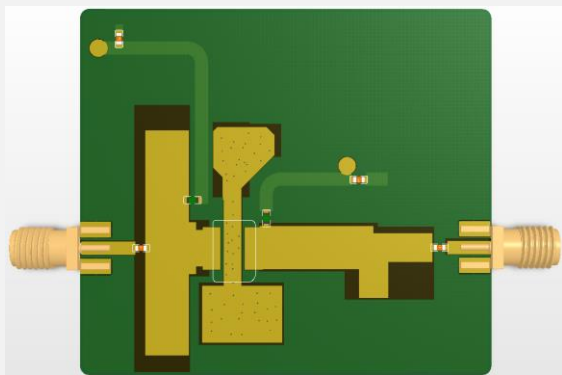
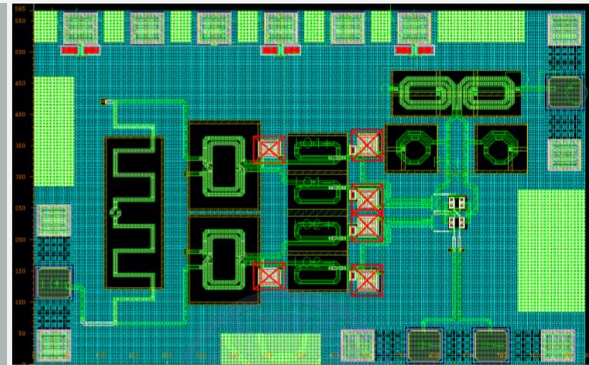
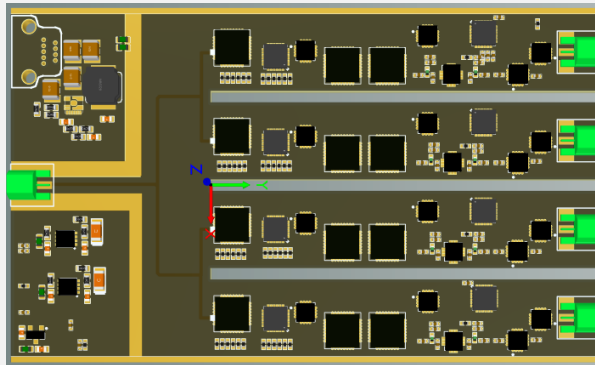
射频电路的设计本质是什么?

射频电路的评价指标是什么?

名称	P 波段	L 波段	S 波段	C 波段	X 波段	Ku 波段	K 波段	Ka 波段
频率	230-1000 MHz	1-2GHz	2-4GHz	4~8GHz	8-12.5GHz	12.5~18GHz	18~26.5GHz	26.5~40GHz

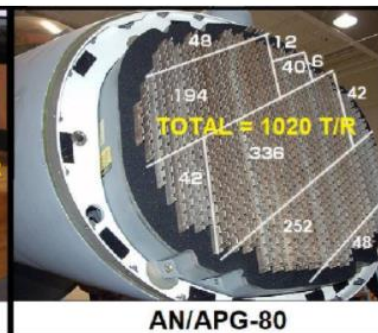
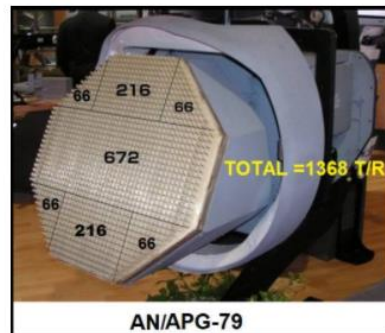
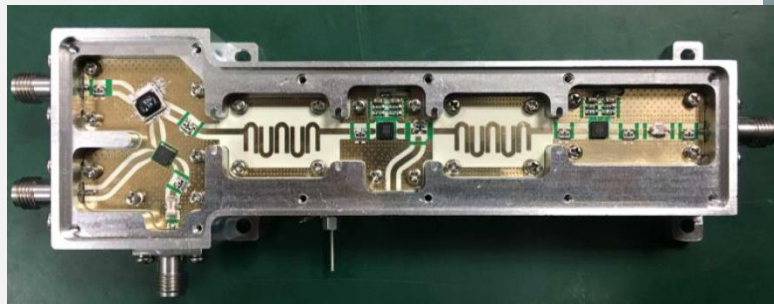
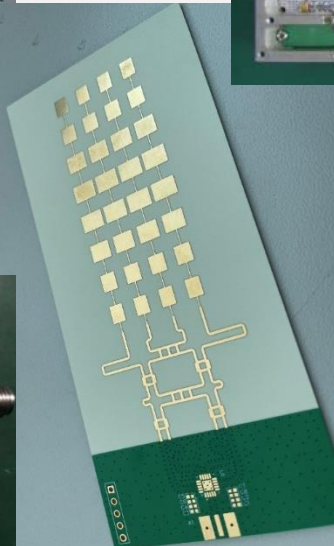
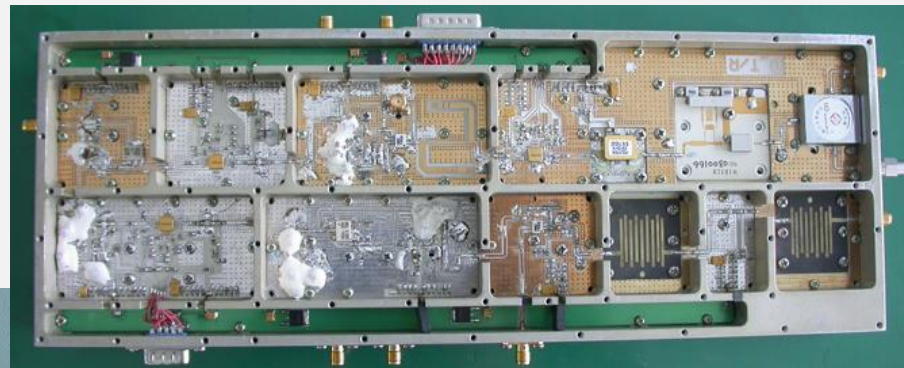
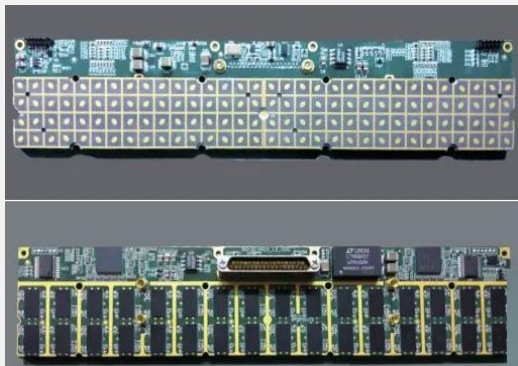
射频基础理论

射频电路
是什么？

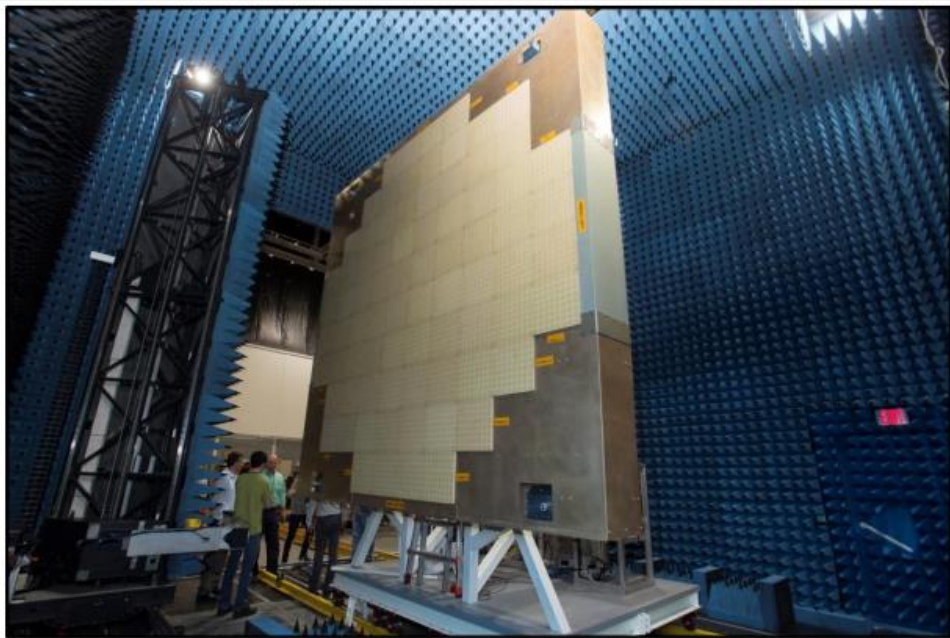


射频基础理论

射频电路
是什么？



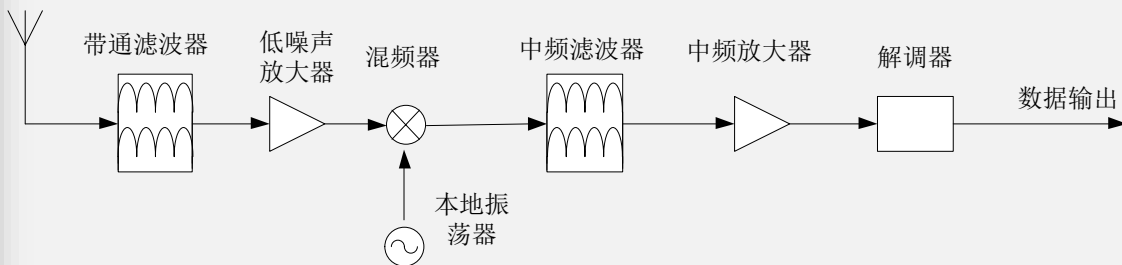
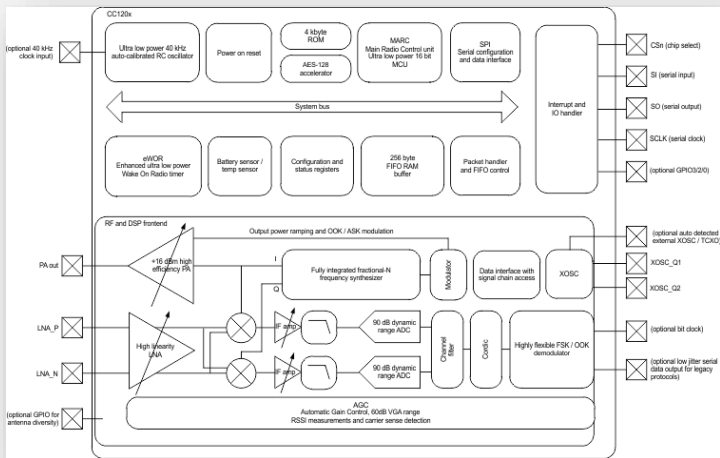
射频电路
是什么？



射频系统原理

射频系统就是由多个子系统以实现某种目的而级联起来的一套完整的信号接收系统，
在RF系统中，各子系统明确分工：

- [1] 滤波器和匹配电路提供频率选择性，以消除干扰信号；
- [2] 放大器通过提高接收信号的幅度和需要发射的信号功率来管理噪声电平；
- [3] 混频器和振荡器将调制信息从一个频率变换到另一个频率。



双工通信

通信双方可以相互通信，每一方都可以发送信息，也可以接收信息。

TDD形式

时分双工，通过不同的时间进行发送或接收，在每个时间点上要么在发送要么在接收；

FDD形式

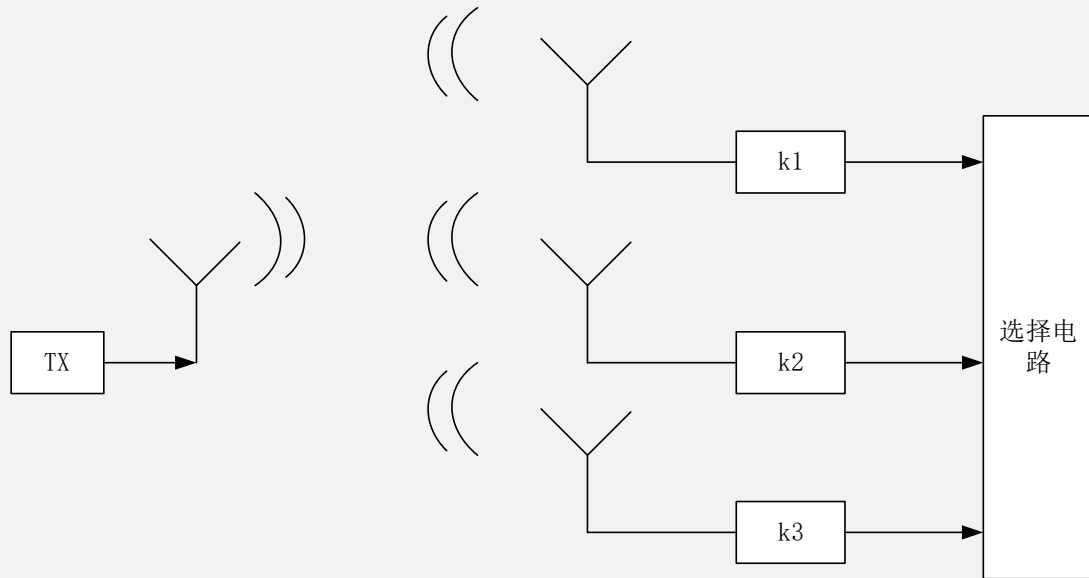
频分双工，通过不同的频率进行发送和接收。



分集通信

接收分集

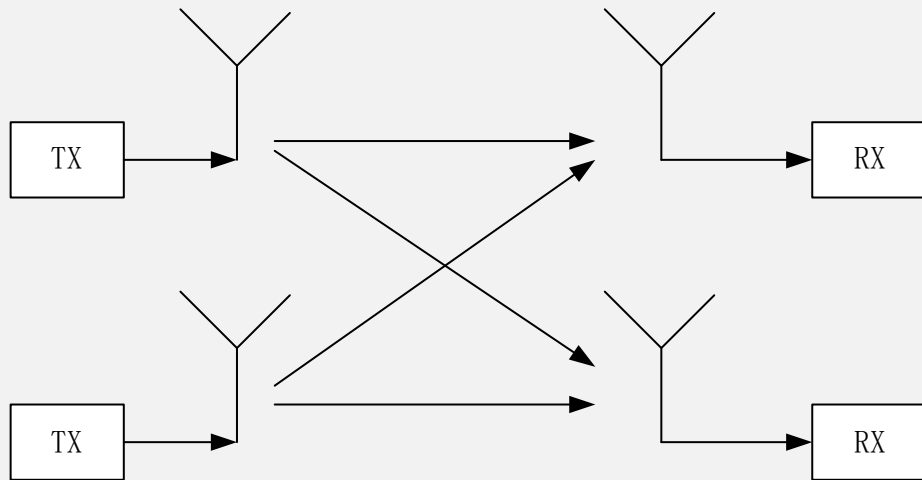
分别接收多个携带相同信号的，且相互独立的衰减信号，再通过算法进行合并，以提高接收效率。



MIMO

多输入多输出

通过采用空间复用技术，在几条链路中传输不同的数据码流，成倍的提高数据吞吐量。



Part 2 射频调制

射频信号调制的必要性

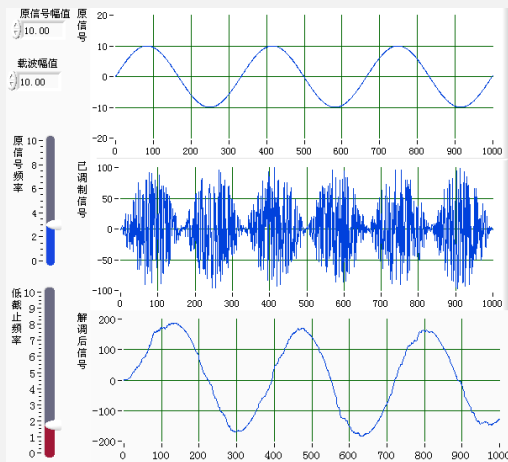
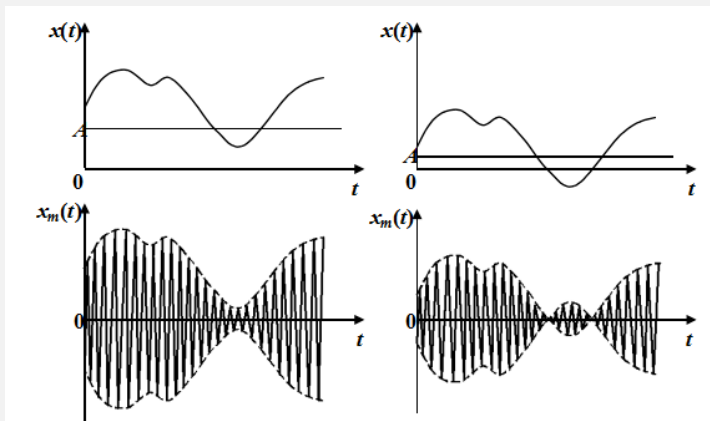
射频调制类似高压输电的原理，即调制为将基带(低频)信号到射频信号的过程。

射频信号传输必须经过调制的原因：

有线系统：保持信号不泄露，同轴线可对高频信号产生有效的屏蔽；

无线系统：天线尺寸等于天线0.25波长偶数倍时，才能有效辐射功率信号；

高载频可以提供更大的通信容量。



信号调制分类

模拟调制：调幅(AM)；调频(FM)；相位调制(PM)

AM:把调制信号加载在载波信号的幅值上;

FM:把调制信号装载在载波的频率上，称为频率调制;

PM:把调制信号装载在载波的相位上，称为相位调制;

数字调制：

频移键控(FSK)

相移键控(PSK)

最小频移键控(MSK, FSK中的一种形式)

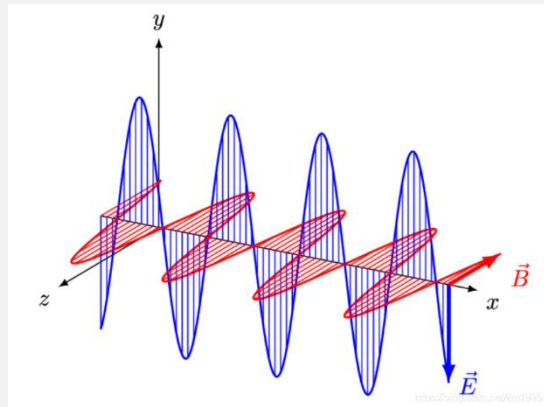
高斯滤波数据的最小频移键控(GMSK)

二进制频移键控(BFSK)

二进制相移键控(BPSK)

正交相移键控(QPSK)

编码正交品分多路(COFDM)



AM

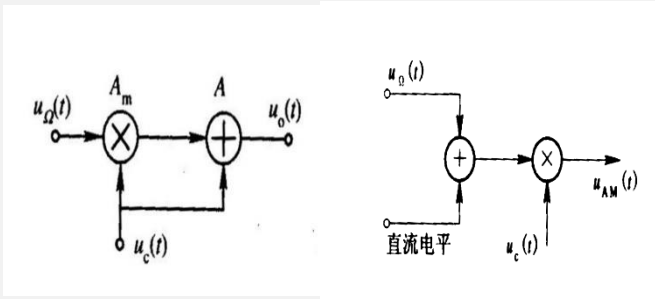
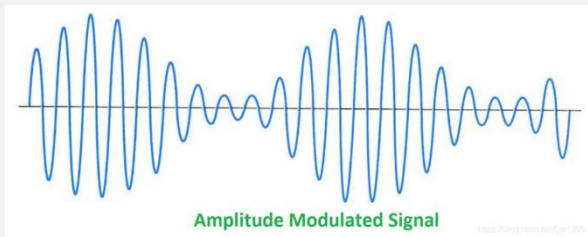
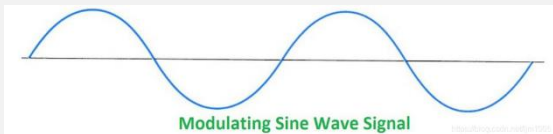
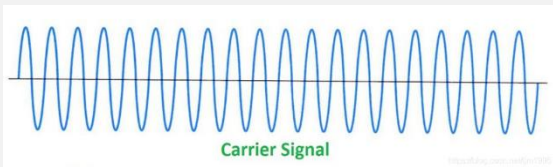
调幅:

设调制信号为 $u_{\Omega}(t) = u_{\Omega m} \cos \Omega t = \cos 2\pi F t$

设载波信号为 $u_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t = \cos 2\pi f_c t$

$f_c \gg F$, 由幅度调制定义可知, 幅度调制是用基带信号控制载波的振幅, 使载波的振幅随基带信号的规律变化, 因此调制后形成的已调波可表示为 $u_{AM}(t)$

$$u_{AM}(t) = (U_{cm} + k_a u_{\Omega}(t)) \cos \omega_c t$$



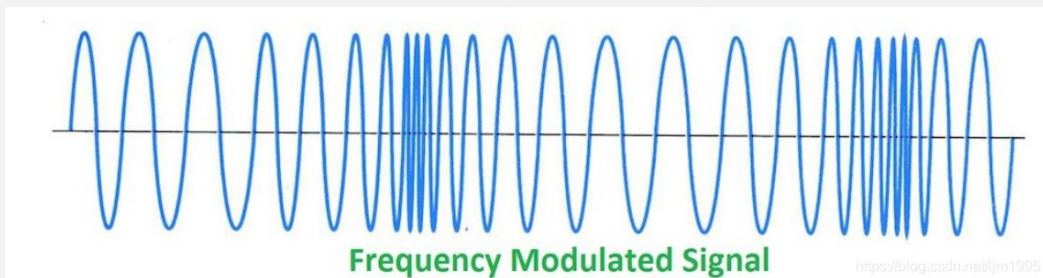
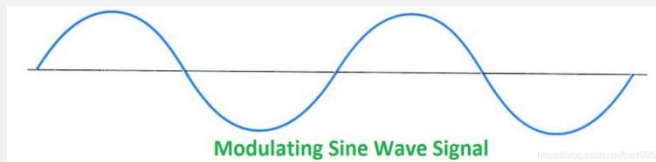
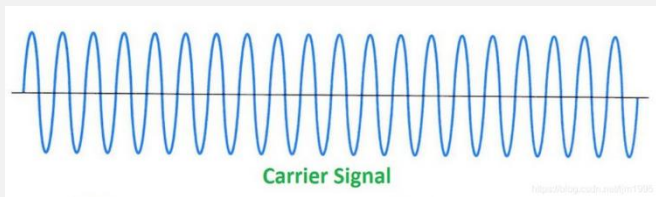
FM

让载波信号的瞬时频率和调制信号呈线性关系，载波信号的幅度保持不变

方式：

直接调频：利用调制信号直接控制振荡器的振荡频率。

间接调频：现将调制信号进行积分，然后对载波调相，最后通过n次倍频器得到最后的调制信号。

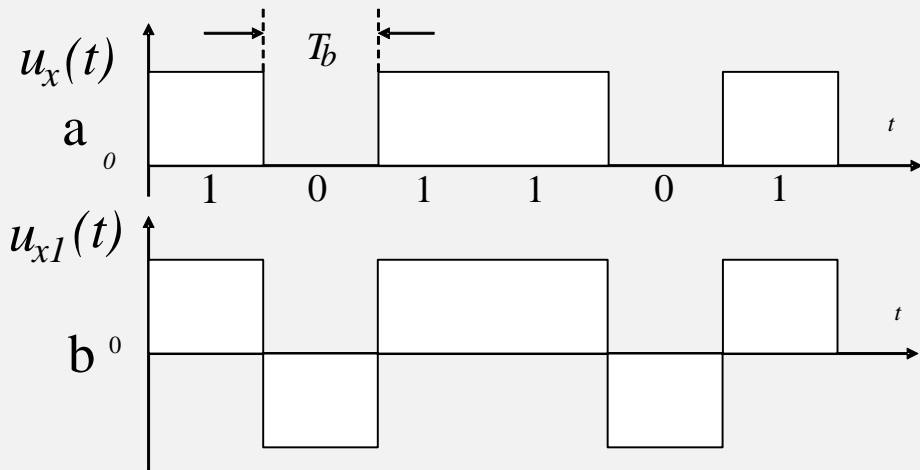


数字调制

数字基带信号表示方法：

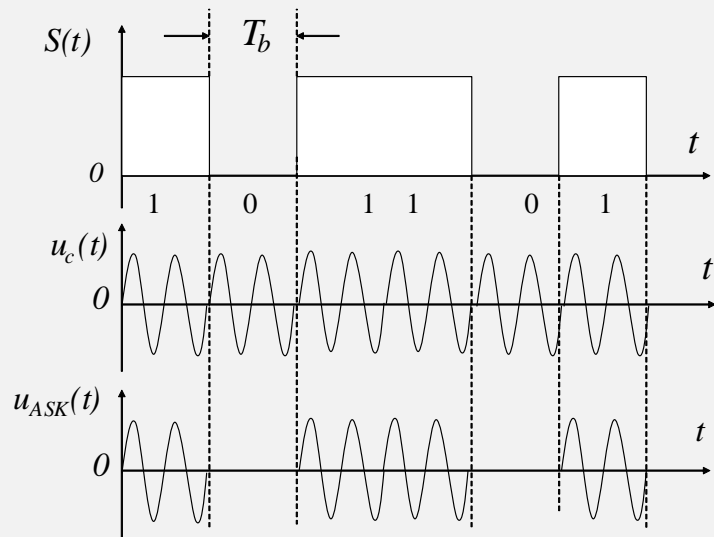
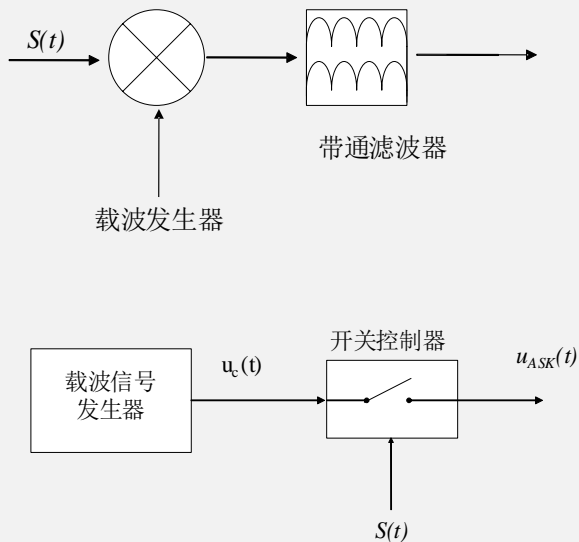
如图a所示的是用单极性波来表示二进制数，其特征是宽度为 T_b 的码位有两种状态，即低电平和高电平，高电平用二进制数字“1”表示，低电平用数字“0”表示；而且电压脉冲都是正的，这种二进制数的脉冲属单极性波；NRZ码

图b用正电平表示“1”，而负电平表示“-1”，这种用正负两种脉冲表示二进制数的方法，称为双极性波。



数字调制 幅移键控ASK

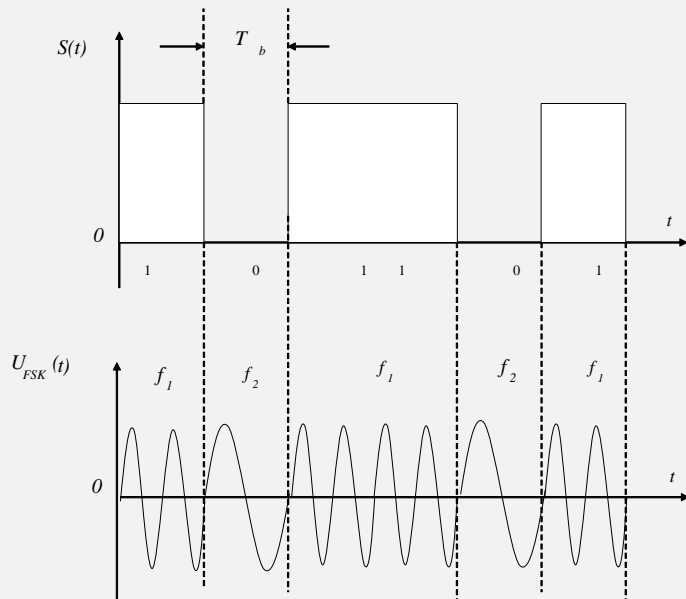
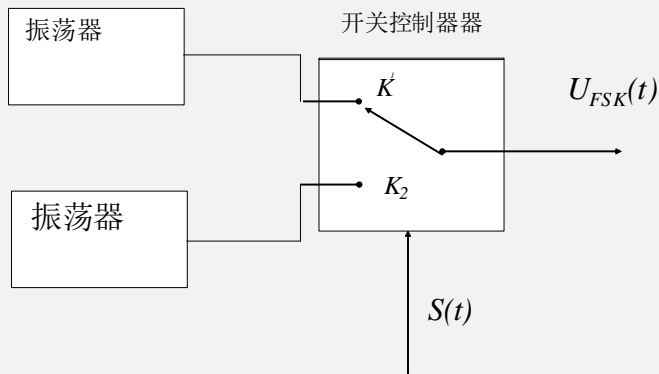
以基带数字信号控制载波的幅度变化的调制方式称为幅移键控(ASK)，又称数字调幅。数字调制信号的每一特征状态都用正弦振荡幅度的一个特定值来表示的调制。幅移键控是通过改变载波信号的振幅大小来表示数字信号“1”和“0”的，以载波幅度 A_1 表示数字信号“1”，用载波幅度 A_2 表示数字信号“0”，而载波信号的 ω 和 φ 恒定。



数字调制 频移键控FSK

FSK原理:

二进制频率键控是用数字基带信号的两种状态“0”和“1”去控制载波的频率。状态为“1”，载波频率为 f_1 ，状态为“0”，载波的频率为 f_2 。

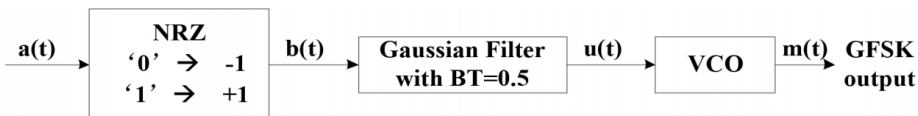


高斯频移键控 GFSK

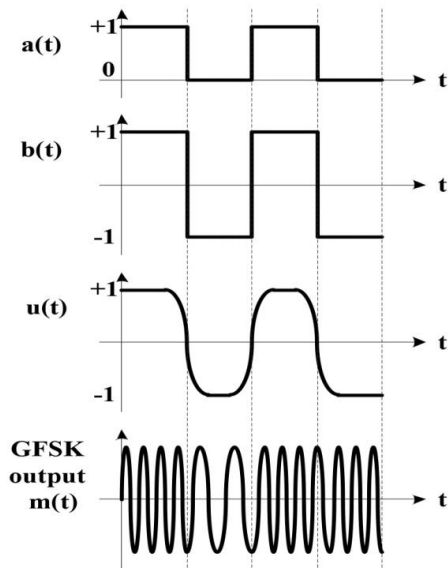
GFSK原理:

GFSK 高斯频移键控调制是把输入数据经高斯低通滤波器预调制滤波后, 再进行FSK调制的数字调制方式。它在保持恒定幅度的同时, 能够通过改变高斯低通滤波器的3dB带宽对已调信号的频谱进行控制, 具有恒幅包络、功率谱集中、频谱较窄等无线通信系统所希望的特性。

在频道带宽一定的情况下, GFSK提高了每秒钟可传输的最大比特数。



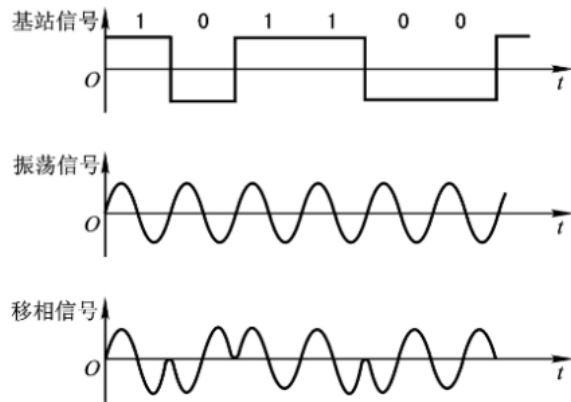
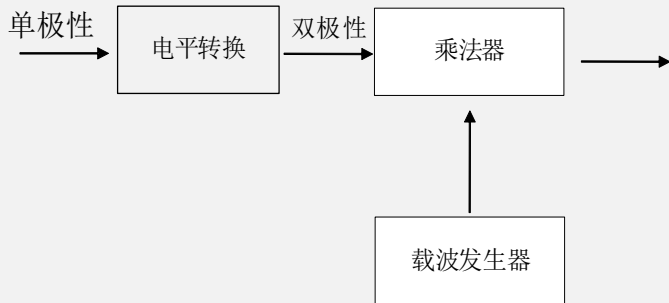
$A(a)$ 为二进制数字信号, $b(t)$ 为相应的NRZ码, 经高斯滤波器之后, $b(t)$ 信号的高频分量被滤除, 得到带宽较窄的VCO输入控制信号 $u(t)$, VCO的瞬时频偏正比于控制信号 $u(t)$, 其输出信号 $m(t)$ 带宽也相应减小, 有用信号能量更为集中, 提高了频带利用率。



数字调制 相移键控PSK

PSK原理:

若用载波的0度与180度表示1和0，那么此时已调信号称为PSK信号。



Part 3 射频收发机系统

板级收发机系统设计

超外差接收机

优点:

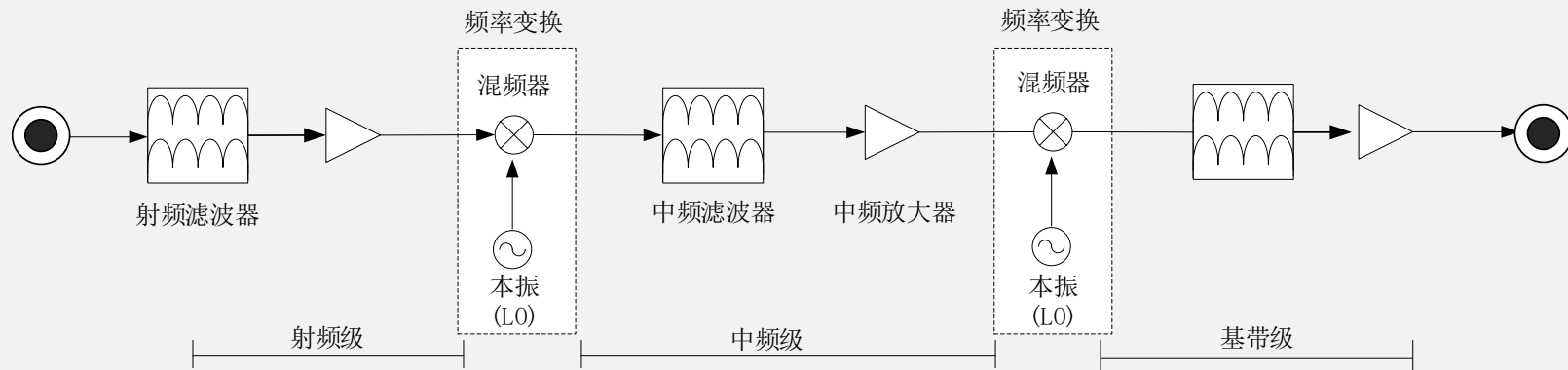
[1] 系统增益设计, 可以同时分布于射频、中频和基带进行;

[2] 接收机的性能不会受到直流偏差以及本振泄漏的影响。

缺点:

[1] 干扰频谱较大;

[2] 拓扑复杂, 设计成本较高。



板级收发机系统设计

零中频接收机

优点:

结构简单, 容易集成, 成本较低;

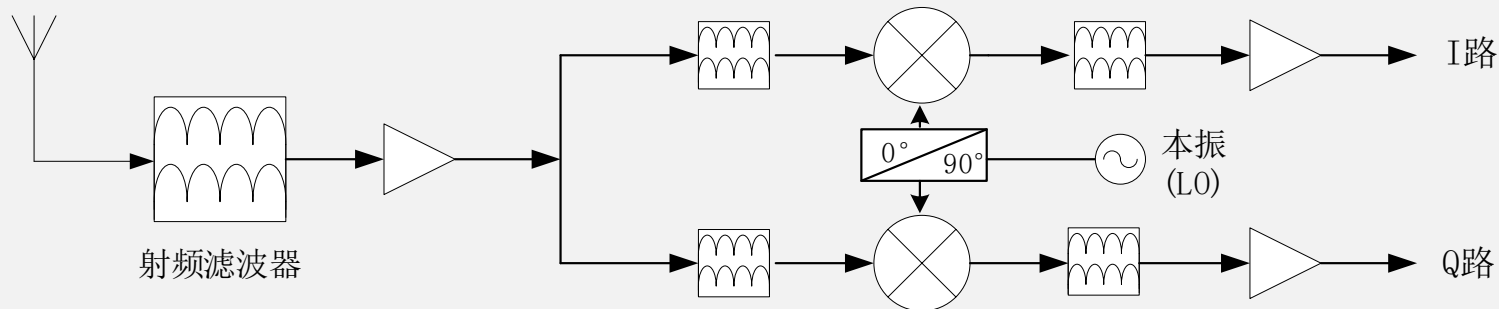
缺点:

[1] 本振泄露风险;

[2] 直流偏差: 主要由信号的自混频引起, 本振信号泄漏到射频端经LNA、射频滤波器、天线、天线近端的反射面反射回来之后与本振信号自混频;

[3] 偶次失真干扰: 射频信号的二次谐波与本振信号的二次谐波混频后, 产生的信号混入基带信号中, 产生干扰;

[4] 低频噪声干扰 ($1/f$): 低频闪烁噪声主要集中在较低频段, 因此 $1/f$ 噪声, 容易搬移到基带信号中, 影响基带信号质量。

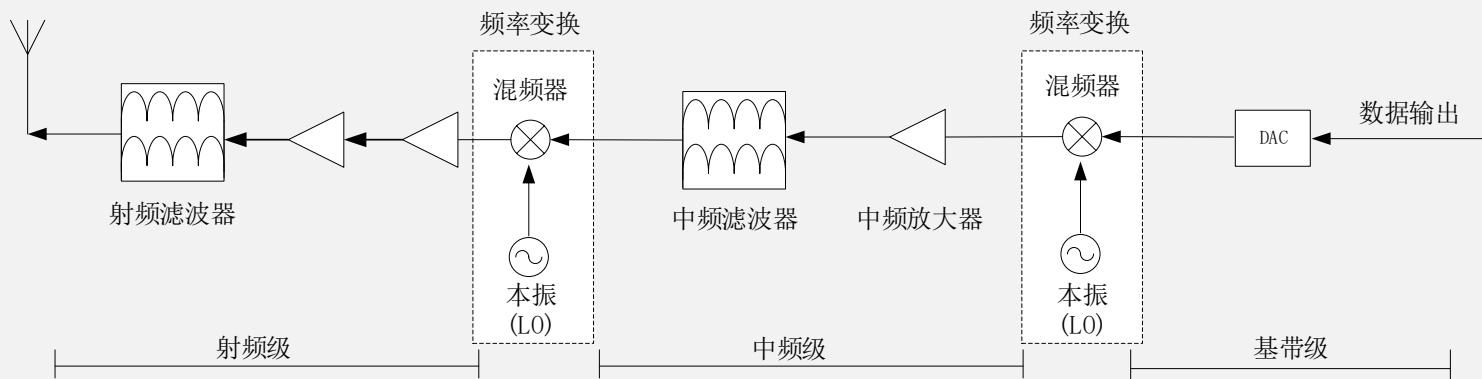


板级收发机系统设计

二次变频发射机

二次变频发射机将数字信号通过数字上变频的方式经DAC转换为中频模拟信号，通过多次变频滤波放大后经天线辐射输出。

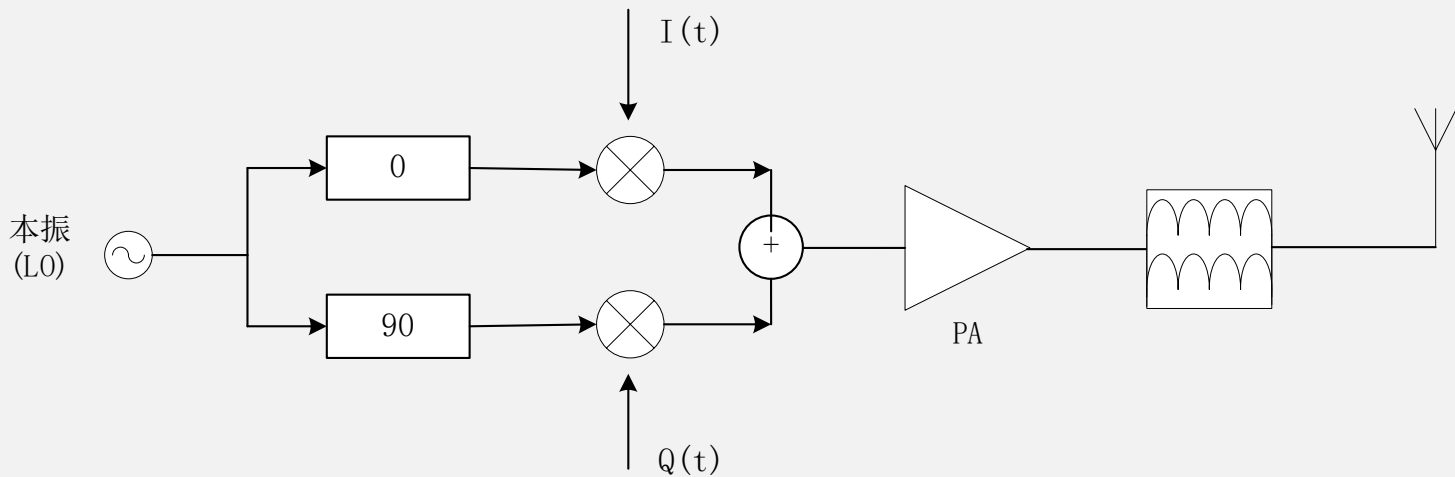
二次变频发射机结构相对复杂，多次变频产生的组合杂散比较多，滤波器的设计成本比较高，但相对于零中频发射机来说，幅度一致性和相位一致性比较好。



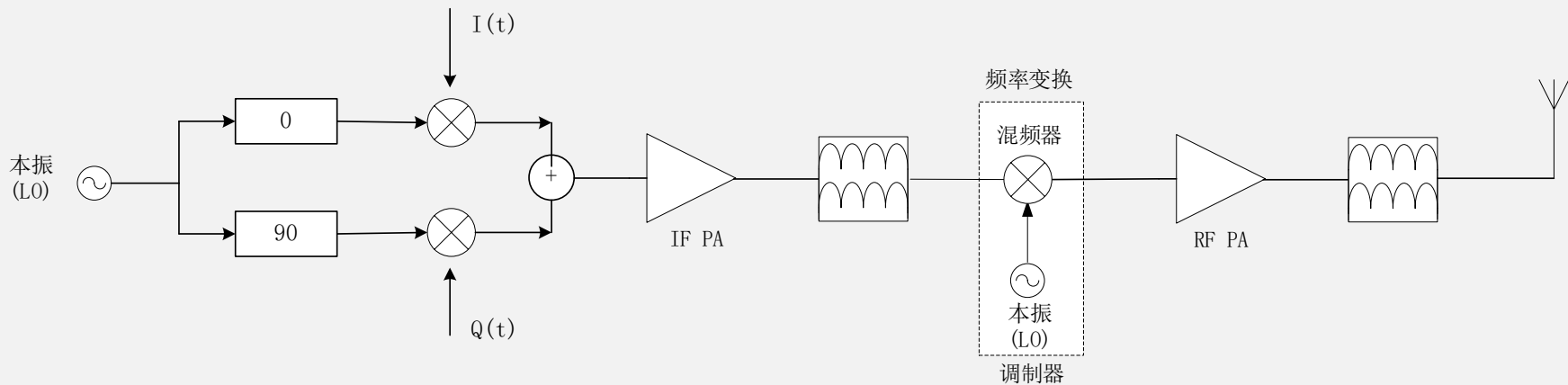
[1] 混频器和时钟系统;

[2] 大功率放大器。

IQ调制 发射机



IQ调制二次变频 发射机



Part 4 射频电路企业级项目

射频基础理论

工程上的常见项目

- [1] 堆料形态的射频电路，如：手机射频电路、网关、物理网射频模组、layout和调试；
- [2] 单一功能性专用微波器件开发
大功率滤波器，高性能多通道功分器、大功率功率分配器等，超低噪声放大器、大功率放大器等；
- [3] 天线系统设计：有源天线，GNSS抗干扰天线，有源相控阵
- [4] 组件类系统：功放组件，TR组件，开关组件，接收机和发射机系统；
- [5] MMIC开发；[6] EMI仿真输出。

