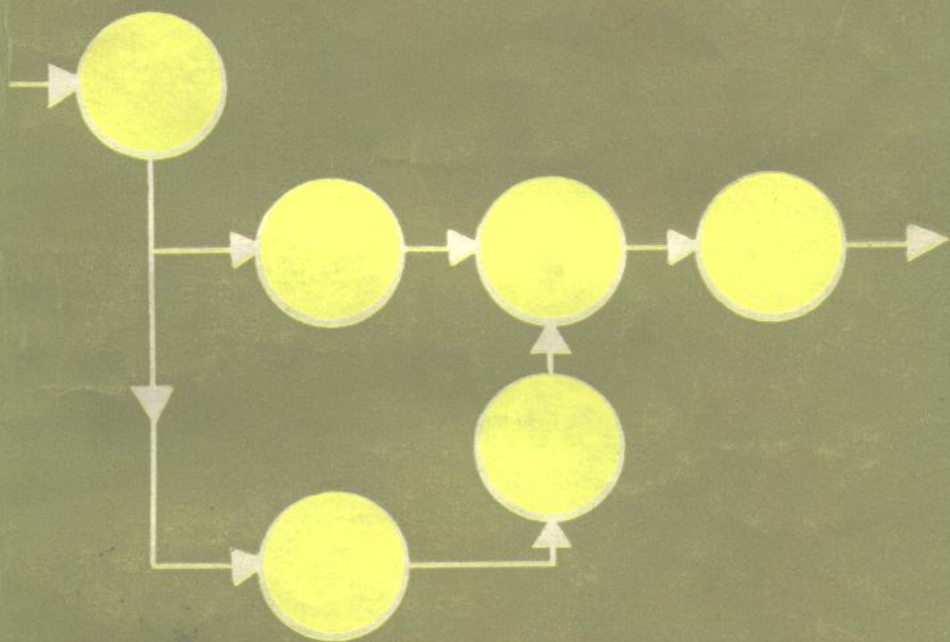


# 频率合成技术



张有正 陈尚勤 周正中 编著

人民邮电出版社

# 频率合成技术

张有正 陈尚勤 周正中 编著

人民邮电出版社

## 内 容 提 要

本书介绍频率合成技术，讨论了合成器的各种部件、锁相环及合成器系统。包括它们的基本原理、分析方法、电性能指标以及具体设计方法，特别是它们的相位噪声和杂散的大小的分析及其测量方法。

本书可供研制与设计频率合成器的工程技术人员使用，也可供高等院校师生参考。

### 频 率 合 成 技 术

张有正 陈尚勤 周正中 编著

责任编辑：俞天林

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32 1984年8月 第 一 版  
印张：21 24/32 页数：348 1984年8月河北第一次印刷  
字数：578千字 插页：1 印数：1—6,500册

统一书号：15045·总2856—无6275

定价：3.35元

# 序 言

在现代电子学的各个领域里，常常离不开一个高精度的、频率可变的信号源并且要求由数字信号来控制，这就是数字式频率合成器。频率合成虽不是一项新技术，但是近年来它的发展十分迅速，合成器性能不断提高，应用日益广泛，它不仅完全占领了传统上需要使用信号源的各个方面，而且开拓了很多新的领域。

本书主要讨论合成器的各种部件、锁相环及合成器系统，从基本原理、分析方法、电性能指标一直到它们的具体设计，并且特别注意到它们的相位噪声和杂散的大小及其测量技术。

本书中部分内容，是笔者多年来从事这方面工作的小结。有些内容在国内外资料中还未见过；或者比较零碎，不便加以利用。其中特别值得指出的是以下一些内容：

## 1. 双D鉴相器

这是一种新颖而优异的鉴相器，我们阐述了它的工作原理、性能和设计方法，以及采用这种鉴相器的环路的捕捉问题（5.2.3、11.1、11.2.3节）

## 2. 分频器

讨论了程序分频器的工作原理和提高分频器速率的若干方法，特别着重分析了应用吞脉冲技术的程序分频器的工作原理、逻辑设计以及将它们应用于多环合成器时的设计方法。最后还分析了分频器产生新增相位噪声和新增相位杂散的机理，给出了二者的解析表达式，并把它们应用于合成器的系统设计（见6、7章及12.2.1、12.2.2节）。

### 3. 相位噪声的定义和测量

在通信、雷达等设备飞速发展的情况下，人们对频率合成器（或其它频率源）的相噪（相位噪声，下同）指标提出了更高的要求。因此，定义（频域和时域）相噪和掌握其各种测量方法，对于设计制造高质量的合成器已经成了必备的知识。这些内容多散见于有关文献和资料中，缺乏系统的论述。有鉴于此，本书结合试制合成器用的相噪测试设备，进行了实际测量和理论分析，只用了不多的篇幅，而对上述各个方面，作了系统而扼要的介绍，并提供了一些实用的测试方案和电路（见8、9、10章）。

### 4. 锁相环

我们把鉴相器分为常规型及鉴频型两大类，利用统一的方法分析了采用各种鉴相器的环路捕捉、稳定性等问题及其设计方法，得出了一系列有用的公式（见11章）。

### 5. 合成器的新增相噪

这是合成器的关键电性能指标。我们分析了合成器各种部件的新增相噪，对整个合成器提出了：（1）噪声灵敏度（12.2.2节），（2）衡量分频器新增相噪相对值的 $R_D$ （12.2.3节）（3）传输路径时差对相噪的影响（12.2.3节），（4）振动相噪（12.2.5节）等，并用来对合成器的新增相噪进行了全面的分析（见12章）。

本书适于从事合成器研制、设计的工程技术人员以及高等院校师生用作参考书。阅读本书所要求的预备知识，包括随机信号、电子电路、逻辑电路、微积分等，都属于大专院校电工类专业教材的范围。

本书的第1~5、11、12各章是张有正写的，第6、7章是周正中写的，第8~10章是陈尚勤写的。本书一至五章及十一、十二章各章由陈杰美同志细心审改；还有部分内容由刘后铭、袁家樾、钟

福元同志审阅，并提供了许多宝贵的修改意见，笔者表示感谢。  
笔者水平有限，书中不妥之处欢迎读者批评指正。

作者

一九八二年十月八日

## 常用符号表

$C$  电容的一般表示，在不同场合，再加下角标来区分。

$C_0$  隔直或旁路电容。

$C_1$  变容管的电容。

$F(p)$  用以形成二阶环路的低通滤波器的传输函数， $F(p) = K_f \frac{p + \omega_a}{p + \omega_b}$  或  $K_f (1 + \frac{\omega_a}{p})$ 。

$F_L(p)$  环路中，除 $F(p)$ 外的低通滤波器的传输函数。

$f$  付氏频率的一般表示，在不同场合，再加下角标来区分，又

$$f = \frac{\omega}{2\pi}.$$

$f_n$  环路的自然频率。

$f_{co}$  环路的截止频率。

$F_{A0小}$  放大器的小信号白噪声系数。

$F_{A0}$  放大器的白相位噪声系数。

$H_e(p)$  环路的实际误差传输函数。

$H_s(p)$  标准二阶（或一阶）环路的误差传输函数。

$I_{\sim 1}$ 、 $I_{\sim 2}$  电流鉴相器输出纹波电流中的基波及二次谐波。

$I_{C1}$ 、 $I_{Cn}$  晶体管集电极电流中的基波及 $n$ 次谐波。

$I_{B1}$ 、 $I_{Bn}$  晶体管基极电流中的基波成分及 $n$ 次谐波成分。

$I_{E1}$ 、 $I_E$  晶体管发射极电流中的基波及 $n$ 次谐波成分。

$I_E$ 、 $I_C$ 、 $I_B$  发射极、集电极、基极电流中的直流成分。

$I_0(x)$ 、 $I_1(x)$ 、 $I_n(x)$  修正的零阶、一阶、 $n$ 阶贝塞耳函数。

$i_{\phi r}(t)$  电流鉴相器输出的鉴相电流（不包括纹波）

$i_{\phi} r(t)$  电流鉴相器输出的鉴相电流（包括纹波）

$I_P$   $i_{\phi r}(t)$ 的峰值

$I_{\phi}$   $i_{\phi r}(t)$ 中，最大值与中心值之差

$K_v$  电压鉴相器的鉴相增益, 单位: 伏/弧度。

$K_{\phi i}$  电流鉴相器的鉴相增益, 单位: 毫安/弧度。

$K_f$   $F(p)$  的常数因子, 即  $K_f = F(\infty)$ 。用电压鉴相器时, 无量纲; 用电流鉴相器时, 单位为欧。

$K_{VCO}$  VCO 的压控增益, 单位: 弧度/秒·伏。

$K$   $K = \frac{1}{N} K_{\phi} K_f K_{VCO}$  或  $\frac{1}{N} K_{\phi i} K_f K_{VCO}$ 。对二阶环,  $K = 2\xi\omega_n$ ,  $K$  也用以代表其它常数。

$K'$   $K' = \frac{1}{N} V_{\phi} K_f K_{VCO}$  或  $\frac{1}{N} I_{\phi} K_f K_{VCO}$ 。

$L$  电感的一般表示。

$L_n$  高频扼流圈。

$Q$  品质因子的一般表示。

$Q_1, Q_L$  空载及有载品质因子。

$Q_i$  变容管的品质因子。

$r_e$  晶体管发射极的动态电阻,  $r_e = \frac{V_T}{I_B}$ 。

$r_T$  振荡回路中的损耗总电阻。

$r_R$   $r_R = \frac{\mu_R}{2\xi\omega_n}$ , 与环路稳定性设计有关的一个参数。

$r_s$   $r_s = \frac{|\Delta\mu'_R \max|}{\omega_n}$  环路捕捉的相对范围。

$R_s$  信号源内电阻。

$R_i$  放大器的负反馈电阻。

$R_{in}$  放大器的输入电阻。

$R_D$  代表分频器触发噪声相对影响的一个量。

$R_T$  构成放大器白色相噪的总电阻。

$S(f)$  噪声功率谱密度的一般表示。

$S_{\phi}(f)$  相位噪声的功率谱密度, 单位: 弧度<sup>2</sup>/赫。

$S_v(f)$  电压噪声的功率谱密度, 单位: 伏<sup>2</sup>/赫。

$S_{\phi A}(f)$  放大器相位噪声的功率谱密度。

$S_{\phi C}(f)$  混频器相位噪声的功率谱密度。

$S_f(f)$  频率噪声的功率谱密度。



$S_{\sigma T}(f)$  分频器第一种新增相噪的功率谱密度。

$S_{\sigma T2}(f)$  分频器第二种新增相噪的功率谱密度。

$S_{\sigma L}(f)$  锁相环的低通型相噪。

$S_{\sigma H}(f)$  锁相环的高通型相噪。

$T_r(p)$  环路的实际开环传输函数。

$T(p)$  标准二阶（或一阶）环路的开环传输函数。

$T_R$  进入鉴相器信号的周期，即  $T_R = \frac{2\pi}{\mu_R}$ 。

$T_d$  信号传输的时延。

$T_{c\phi}$  环路的相位捕捉时间。

$T_{cf}$  环路的频率捕捉时间。

$T_C$  环路的捕捉总时间， $T_C = T_{cf} + T_{c\phi}$ 。

$T_b$  鉴相器输出的差拍信号周期。

$V_s$  信号源的开路电势。

$V_{干}$  正弦形电压干扰的峰值。

$V_{\phi}$   $v_{\phi r}(t)$  中，最大值与中心值之差。

$V_{\phi中}$   $v_{\phi r}(t)$  的中心值。

$V_c$   $v_{\phi r}(t)$  的直流成分。

$V_{CO}$  放大器的临界电压。

$V_1$  晶体管的特征电压，室温时， $V_T \approx 26$  毫伏。

$V_i$  晶体管的门阈电压， $V_i \approx 0.7$  伏（硅管）；0.2 伏（锗管）。

$V_{组}$  混频器的组合干扰，正弦形的峰值。

$V_c$   $v_{cr}(t)$  中的直流成分。

$v_c(t)$   $v_{cr}(t)$  中的增量成分。

$v_{cr}(t)$  电压鉴相器输出的电压，不包括纹波。

$v_{cr}(t)$  VCO 的实际控制电压。

$x$  有二种可能：（1）当  $R_c = 0$  时，放大器驱动电压的相对值；

（2）合成器中的某一点到合成器出端的倍频比。

$x_i$  当  $R_c \neq 0$  时，放大器驱动信号的相对值。

$\xi$  环路的阻尼系数。

$\theta_{余}$  环路的相位余度。

$\mu$  正弦信号载波角频率的一般表示, 又  $\mu = 2\pi\nu$ 。

$\mu_R$  进入鉴相器信号的角频率。

$\Delta\mu_C$  环路的捕捉范围。

$\Delta\mu_A$  环路的锁定范围。

$\Delta\mu$  代表一段角频率范围, 经常用以表示VCO的角频率覆盖。

$\Delta\mu_R$   $\Delta\mu_R = \mu_R - \frac{\mu_{中}}{N}$ ,  $\mu_{中}$ 为VCO的中心角频率。

$\Delta\mu_R'$   $\Delta\mu_R' = \mu_R - \frac{\mu_{初}}{N}$ ,  $\mu_{初}$ 当环路捕捉开始时, VCO的输出角频率。

$|\Delta\mu_R'_{max}|$   $|\Delta\mu_R'|$ 的最大值。

$\Delta\mu'_{快}$  环路的快捕带。

$\nu$  正弦信号载波频率的一般表示, 又  $\nu = \frac{\mu}{2\pi}$ 。

$\sigma_{分}$  分频器的触发抖动。

$\varphi(t)$  相位函数的一般表示, 单位: 弧度。

$\varphi_r(t)$  实际相位函数的一般表示。

$\varphi_n(t)$  随机相位信号。

$\varphi_s$  相位杂散的正弦形峰值, 单位: 弧度。

$\varphi_{sin}$  折算至鉴相器入端的, 由鉴相纹波所引起的相位杂散。

$\varphi_{e,r}(t)$  实际的相位误差信号。

$\varphi_o(t)$  输出信号中的相位的增量成分。

$\phi(p)$   $\varphi(t)$ 的拉氏变换。

$\omega$  付氏角频率的一般表示,  $\omega = 2\pi f$ 。

$\omega_n$  环路的自然角频率。

$\omega_{CO}$  环路的截止角频率。

$\omega_c$   $F_L(p)$ 为一阶时的半功率角频率带宽。

$\omega'_{0.7}$   $F_L(p)$ 为n阶时的半功率角频率带宽。

$\omega_{e,}$   $\omega_s$   $F(p)$ 的二个转折点角频率。

# 目 录

<b>第一章 频率合成概述</b> .....	( 1 )
1.1 频率合成器与信号源 .....	( 1 )
1.2 频率合成的基本原理 .....	( 2 )
1.2.1 十(百、千)进制组件 .....	( 5 )
1.2.2 合成器的总体方框图 .....	( 11 )
<b>第二章 频率合成器的相位噪声和杂散</b> .....	( 19 )
2.1 随机信号的一些主要性质 .....	( 20 )
2.1.1 平稳随机过程及埃尔哥德随机过程 .....	( 20 )
2.1.2 随机信号的一些主要统计量 .....	( 25 )
2.1.3 随机信号通过线性系统 .....	( 28 )
2.1.4 随机信号统计量的测量 .....	( 30 )
2.2 相位噪声和杂散 .....	( 31 )
2.2.1 相位噪声和杂散所产生的边带噪声 .....	( 31 )
2.2.2 $\varphi_n(t)$ 的加、减、乘、除 .....	( 33 )
2.2.3 $\varphi_n(t)$ 通过线性系统 .....	( 37 )
<b>第三章 线性化锁相环的基本原理</b> .....	( 41 )
3.1 锁相环的主要部件 .....	( 41 )
3.1.1 鉴相器 $\phi$ .....	( 42 )
3.1.2 线性系统和准线性系统 .....	( 45 )
3.1.3 压控振荡器 .....	( 46 )
3.1.4 环路中的低通滤波器 .....	( 47 )
3.2 一阶锁相环 .....	( 54 )
3.3 二阶锁相环 .....	( 57 )
3.3.1 高增益二阶锁相环 .....	( 58 )
3.3.2 低增益二阶锁相环 .....	( 62 )
3.4 带通滤波器的相位传输函数 .....	( 61 )

3.4.1	信号通过对称带通滤波器 .....	( 64 )
3.4.2	信号通过宽带带通滤波器 .....	( 69 )
3.5	锁相环的实际传输函数,内部噪声和环路参数的选择 ( 71 )	
3.5.1	锁相环的实际传输函数 .....	( 71 )
3.5.2	环路中的各种噪声源 .....	( 75 )
3.5.3	环路参数的选择 .....	( 79 )
<b>第四章</b>	<b>缓冲放大器及压控振荡器</b> .....	( 86 )
4.1	缓冲放大器 .....	( 86 )
4.1.1	放大器的基本原理及设计 .....	( 86 )
4.1.2	放大器的新增杂散 .....	( 117 )
4.1.3	放大器的相位噪声 .....	( 124 )
4.2	LC压控振荡器.....	( 132 )
4.2.1	振荡器的基本原理及设计 .....	( 133 )
4.2.2	变容管及VCO的压控非线性 .....	( 142 )
4.2.3	VCO的设计举例 .....	( 146 )
4.2.4	设计低噪声VCO的几个实际问题 .....	( 153 )
4.2.5	$Q_L$ 的测量 .....	( 161 )
4.3	晶体压控振荡器 .....	( 162 )
4.3.1	晶体的参数 .....	( 162 )
4.3.2	VCXO的振荡回路 .....	( 164 )
4.3.3	VCXO的实际电路 .....	( 169 )
<b>第五章</b>	<b>倍频器与鉴相器</b> .....	( 182 )
5.1	倍频器.....	( 182 )
5.1.1	单管式倍频器 .....	( 183 )
5.1.2	差分式倍频器 .....	( 184 )
5.1.3	倍频器的新增杂散和相位噪声 .....	( 184 )
5.1.4	倍频比可以为偶数的差分倍频器 .....	( 185 )
5.2	鉴相器.....	( 189 )
5.2.1	鉴相器的电性能 .....	( 189 )
5.2.2	取样保持式鉴相器 .....	( 191 )

5.2.3	双D型鉴相器 .....	( 203 )
5.2.4	差分式鉴相器 .....	( 216 )
5.2.5	二极管环形鉴相器 .....	( 219 )
<b>第六章</b>	<b>数字电路与固定分频器</b> .....	<b>( 226 )</b>
6.1	基本的数字单元电路 .....	( 216 )
6.1.1	门电路 .....	( 216 )
6.1.2	触发器 .....	( 232 )
6.2	固定除十分频器 .....	( 247 )
6.2.1	非同步脉冲型8421码十分频器 .....	( 248 )
6.2.2	同步型8421码十分频器 .....	( 250 )
6.2.3	混合型8421码十分频器 .....	( 251 )
6.2.4	扭环除十分频器 .....	( 253 )
6.3	中规模集成电路除十分频器 .....	( 257 )
6.3.1	中规模除十分频器T210 .....	( 257 )
6.3.2	中规模加法型8421码十分频器( T217功能之一 ) .....	( 260 )
6.3.3	中规模减法型8421码十分频器( T217功能之二 ) .....	( 264 )
6.4	中规模集成电路可变进制分频器 .....	( 267 )
<b>第七章</b>	<b>程序分频器</b> .....	<b>( 270 )</b>
7.1	分频器的主要技术指标 .....	( 271 )
7.2	程序分频器的分类 .....	( 273 )
7.3	分频比可变的十分频器 .....	( 277 )
7.3.1	脉冲型8421码可变十分频器 .....	( 278 )
7.3.2	TTL8421码可变十分频器 .....	( 283 )
7.3.3	TTL中规模可变十分频器 .....	( 287 )
7.3.4	TTL扭环可变十分频器 .....	( 294 )
7.4	基本程序分频器的工作原理 .....	( 297 )
7.4.1	十读出法程序分频器工作原理 .....	( 298 )
7.4.2	九读出法程序分频器工作原理 .....	( 302 )
7.4.3	任意数读出 .....	( 306 )
7.4.4	加减“中频”原理 .....	( 306 )

7.5	提高程序分频器速度的若干方法	( 310 )
7.5.1	分频器速度的理论分析	( 310 )
7.5.2	提前预置法	( 312 )
7.5.3	辅助计数法	( 320 )
7.5.4	讨论	( 327 )
7.6	脉冲吞除技术	( 328 )
7.6.1	脉冲吞除原理	( 328 )
7.6.2	前置分频器	( 332 )
7.6.3	11/10电路的几种编码方式及其电路实现	( 335 )
7.6.4	ECL中规模前置分频器E12012	( 350 )
7.6.5	吞脉冲程序分频器的系统设计	( 353 )
7.6.6	11/10电路的逻辑设计	( 370 )
7.6.7	脉冲二次吞除技术	( 377 )
7.7	分频器的新增相位杂散和新增相位噪声	( 386 )
7.7.1	整形——分频器输出信号的相位时间特性	( 386 )
7.7.2	分频器的新增相位杂散	( 389 )
7.7.3	分频器的新增相位噪声	( 392 )
7.7.4	分频器的新增相位噪声之二——触发噪声	( 395 )
7.7.5	分频器的相位噪声模型	( 397 )
7.7.6	降低分频器相位噪声的方法	( 399 )
<b>第八章 通信机中频率合成器短稳的频域表征量指标及其</b>		
	<b>测试方法</b>	( 402 )
8.1	概述	( 402 )
8.2	各类通信系统频率合成器频域短稳指标的讨论	( 404 )
8.2.1	模拟通信系统的短稳指标	( 405 )
8.2.2	数字通信系统的短稳指标	( 413 )
8.3	用鉴相法测试频率合成器相位噪声的原理和方法	( 414 )
8.4	锁相环型的相噪测试设备	( 428 )
8.4.1	$f > 300\text{Hz}$ 时的 $S\varphi(f)$ 测试设备	( 428 )
8.4.2	优质短稳振荡源的相噪测试设备	( 434 )
8.4.3	$f < 300\text{Hz}$ 时的 $S\varphi(f)$ 测试设备	( 440 )

8.5	用接收机法测试带外相噪的设备 .....	( 445 )
8.6	用频谱图仪器测试相位噪声的原理和设备 .....	( 450 )
8.7	用鉴频法测量 $S_{\phi}(f)$ 或 $S_{\psi}(f)$ 的原理和设备 .....	( 454 )
8.8	频率合成器式频率源中各部件新增噪声的测量 .....	( 463 )
附录 1	LC或晶体振荡器等频率源 $S_{\phi}(f)$ $f$ 曲线的一般表示形式 .....	( 470 )
附录 2	波形分析仪中检波器属于线性检波时, $S_{\phi}(f)$ 测试读数的修正 .....	( 474 )

## 第九章 通信机频率源短稳时域表征量的物理意义及其测

	试方法 .....	( 477 )
9.1	通信机频率源短稳时域表征量的物理意义和定义 ...	( 477 )
9.2	$\sigma_p^2(\tau)$ 的测试方法及其测试设备 .....	( 485 )
9.2.1	测试方法和测试方框图 .....	( 485 )
9.2.2	测试界限的分析 .....	( 488 )
9.2.3	测试设备的电路分析 .....	( 491 )
9.3	数字通信系统频率源的短稳指标要求 .....	( 493 )
9.3.1	终端采用“数字移频”的通信制 .....	( 493 )
9.3.2	终端采用“数字移相”的通信制 .....	( 497 )

## 第十章 频率源短稳的频、时域表征量间的联系和转换 .....

10.1	从频域表征量折算成时域表征量 .....	( 500 )
10.1.1	折算的基本思想和结论 .....	( 500 )
10.1.2	频、时域表征量联系公式的应用及其物理概念 .....	( 503 )
10.2	从 $\sigma_p^2(\tau)$ - $\tau$ 折换成 $S_{\phi}(f)$ - $f$ .....	( 505 )
10.2.1	转换的思路和方法 .....	( 505 )
10.2.2	$\sigma_p^2(\tau)$ 、 $S_{\psi}(f)$ 、 $S_{\phi}(f)$ 表征量间相互转换知识的应用 .....	( 508 )
10.3	各型 $\sigma^2(N, T, \tau)$ 值间的互换 .....	( 509 )
10.4	频率源的杂散对相噪时域测试的影响 .....	( 516 )
10.5	通过求修正哈达马方差 $\sigma_{MH}^2(\tau)$ 来计算 $S_{\phi}(f)$ 的方法 .....	( 518 )

10.5.1	根据取样处理步骤术相应的 $H(f)$ 的通用方法	( 519 )
10.5.2	取样处理步骤的选择	( 522 )
10.5.3	用求 $\sigma^2_{MH}(z)$ 的方法作成的 $S_{\phi}(f)$ 测试设备	( 524 )
附录	频、时域表征量联系公式的证明	( 526 )
<b>第十一章</b>	<b>锁相环的捕捉、稳定性、测试及设计</b>	( 531 )
11.1	锁相环的捕捉	( 531 )
11.1.1	一阶锁相环	( 531 )
11.1.2	二阶锁相环	( 538 )
11.1.3	环路捕捉的辅助设备及VCO频率覆盖的划分	( 570 )
11.2	环路的稳定性、测量及设计	( 584 )
11.2.1	环路稳定性的分析	( 584 )
11.2.2	环路传输函数的测量	( 590 )
11.2.3	环路的设计	( 598 )
<b>第十二章</b>	<b>合成器的系统设计</b>	( 614 )
12.1	合成器中的混频器	( 615 )
12.1.1	混频频率 $\nu_H$ 、 $\nu_L$ 的选择	( 615 )
12.1.2	混频信号的振幅	( 619 )
12.1.3	环形混频器	( 621 )
12.1.4	差分混频器	( 630 )
12.2	合成器的系统设计以及一些有关的基本概念	( 634 )
12.2.1	各种部件的相噪和杂散	( 634 )
12.2.2	间接式合成器的系统设计、部件的噪声灵敏度及哼声杂散	( 642 )
12.2.3	传输路径时差对相噪的影响	( 656 )
12.2.4	直接式合成器的相噪和杂散	( 662 )
12.2.5	合成器的振动相噪	( 668 )
12.3	合成器的一些方案	( 671 )
12.3.1	直接式与间接式合成器	( 671 )
12.3.2	单环合成器	( 671 )
12.3.3	输出频率覆盖很宽的间接式合成器	( 672 )
12.3.4	微波间接式合成器	( 675 )



# 第一章 频率合成概述

频率合成技术就是对高度稳定的频率进行加、减、乘、除的基本运算，以产生一系列离散频率的技术。高稳频率一般由晶体振荡器（或称主晶振）获得。所产生的离散频率与主晶振频率成严格的正比关系。产生这些离散频率的设备称为频率合成器。合成器的输出频率 $\nu_0$ 可表示为

$$\nu_0 = \frac{p}{q} \nu_i \quad (1.1)$$

式中， $\nu_i$ 是主晶振频率； $q$ 是固定的正整数； $p$ 是可变的正整数，其最小步进量为1。由于 $\nu_0$ 与 $\nu_i$ 成正比，故 $\nu_0$ 的相对准确度和相对长期稳定度均与 $\nu_i$ 相同。

## 1.1 频率合成器与信号源

频率合成器是一种正弦信号源，和常规的振荡式正弦信号源相比较，它具有如下突出优点：

### 1. 高的频率长期稳定度

频率长期稳定度可以用 $\frac{\Delta\nu}{\nu_0}$ 的大小来表征。其中， $\nu_0$ 为输出信号的频率； $\Delta\nu$ 为规定时间内，输出信号频率漂移的累计量。若合成器采用恒温控制的高稳晶体振荡器作主晶振，则其 $\frac{\Delta\nu}{\nu_0}$ 可达 $10^{-10} \sim 10^{-8}/\text{天}$ ；而振荡式信号源的频率稳定度，一般只能达到 $10^{-3} \sim 10^{-5}/15\text{分钟}$ 。