

714MHz 卫星电视接收系统中 简易混频组件的研制

周宝田

(自动化系)

一、引言

卫星直播电视接收技术是近十年来新兴的一门无线电技术。由于静止卫星通讯具有通讯距离远、通讯容量大、可靠性高、信号质量好、不受地形、交通等条件限制和建设速度快等许多优点，因而，近期内在许多国家获得迅速发展。我国也正在积极进行直播电视卫星的发射和卫星直播电视接收的试验工作。

通常，卫星直播电视接收系统由接收天线，低噪声宽带高频放大器，混频组件，前置中放，主中放，中频解调，基带信号处理电路，伴解调和显示器组成^[1]。混频组件包含混频和本振两部份。

二、混频原理

一般的混频原理如图1。

设频率为 f_1 的信号是

$$u_1 = u_{1m} \cos \omega_1 t \quad (1)$$

频率为 f_2 的本振信号是

$$u_2 = u_{2m} \cos \omega_2 t \quad (2)$$

它们是由本机振荡器产生的，共同作用在一个非线性元件上。非线性元件的输出电流和输入电压的关系为

$$i = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + \dots \quad (3)$$

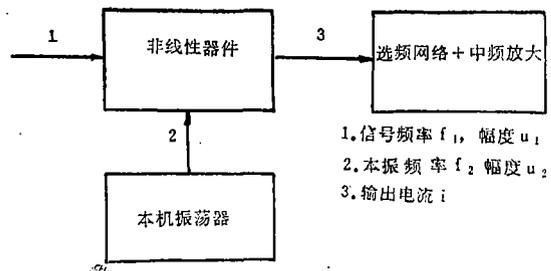


图1 一般的混频原理

加在非线性元件上的输入电压是信号电压和本振电压之和。即

$$u = u_{1m} \cos \omega_1 t + u_{2m} \cos \omega_2 t = u_1 + u_2 \quad (4)$$

把(4)式代入(3)式得

$$i = a_0 + a_1(u_1 + u_2) + a_2(u_1 + u_2)^2 + a_3(u_1 + u_2)^3 + \dots \quad (5)$$

此时流过非线性元件的电流为

$$i = a_0 + a_1 u_1 + a_1 u_2 + a_2(u_1^2 + 2u_1 u_2 + u_2^2) + a_3(u_1^3 + 3u_1^2 u_2 + 3u_1 u_2^2 + u_2^3) + \dots \quad (6)$$

本文1984年10月30日收到

从(6)式中可以看出, 经过非线性元件的电流中, 除了输入电压原有的频率成分外, 还产生了谐波分量。其中

$$2a_2u_1u_2 = 2a_2u_{1m} \cos \omega_1 t \cdot u_{2m} \cos \omega_2 t \quad (7)$$

即

$$2a_2u_1u_2 = a_2u_{1m}u_{2m} \cos(\omega_1 + \omega_2)t + a_2u_{1m}u_{2m} \cos(\omega_1 - \omega_2)t \quad (8)$$

这样, 在非线性元件的输出端的中频选频网络中, 可以选择出 $\omega_1 - \omega_2$ 频率分量, 该频率分量通过中频通道, 提供给中频放大器, 从而完成混频作用。

完成混频的非线性元件在 714 兆频段内, 可以采用 L 波段低噪声微波二极管 2CV4A1, 或采用 CG39 扁平封装的低噪声三极管。混频电路又都可以接成单管混频或平衡混频等多种形式。对于本机振荡提出的要求是得到一个频率稳定、准确、具有一定强度的振荡源。它可以用低噪声三极管 2G913, CG39 等构成电容三点式振荡器, 也可以做成同轴腔体式振荡器。或使用晶体谐振器构成晶体振荡器。由于国内可供选用的晶体振荡器仅为 100 兆以下(目前国内最高水平可以做到 200 兆以下)。因此要获得 784 兆振频率(中频 70 兆)需要多级倍频, 并对不同的倍频倍数合理选择一定的导通角。

三、长 线 理 论

714 兆已属 UHF 频段, 在这一频段内, 由于电路尺寸与波长可以相比拟, 因此不能认为电感、电容和电阻是集中在电路的某些固定部分。而必须使用“分布参数”概念来分析电路。而长线理论、亦称为传输线理论就是这种分析的理论基础。

图 2 所示是一对平行的均匀传输线。

设:

R 为单位长度传输线的电阻(欧/米)

L 为单位长度传输线的电感(亨/米)

C 为单位长度传输线的电容(法/米)

G 为单位长度传输线的漏电导(姆/米)

设距离终端 X 处的电压和电流分别为 u 和 I 。

则 u 和 I 满足如下二阶常微分方程组

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dx^2} = r^2 u \\ \frac{d^2 I}{dx^2} = r^2 I \end{cases} \quad (9)$$

并且 I , u 满足如下关系式

$$I = \frac{du}{dx} \cdot \frac{1}{R + j\omega L} \quad (10)$$

其中

$$r = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \beta + j\alpha \quad (11)$$

r 称为传播常数, 实部 β 称为衰减常数, 虚部 α 称为相移常数。而

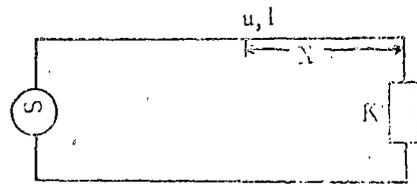


图 2 长 线 理 论

注: S 为信号源, K 为终端处负载

$$Z_c = \sqrt{(R + j\omega L) / (G + j\omega C)} \quad (12)$$

称为传输线的特性阻抗。

对于各种不同的边界条件，求解二阶常系数方程组(9)，可得如下二个重要结论：^[2]

1) 对于无损耗传输线在终端短路情况下，有 $x=0$ 处， $u=0$ ， $I=I_2$ ，并且，距离终端 x 处，电压 u ，电流 I 及阻抗 Z_{cr} 分别为

$$u = j I_2 Z_c \sin \alpha x \quad (13)$$

$$I = I_2 \cos \alpha x \quad (14)$$

$$Z_{cr} = j Z_c \operatorname{tg} \theta \quad (15)$$

其中 $\theta = \alpha x$ ，故传输线上阻抗按 $\operatorname{tg} \theta$ 的规律分布，如图 3 所示。特别当 $\theta < \pi/2$ 时，即传输线的长度小于 $\lambda/4$ 时，传输线呈感性。配以适当的电容可以使传输线处于谐振状态。此时有

$$\frac{1}{j\omega c} + Z_{cr} = 0 \quad (16)$$

即

$$c = \frac{1}{2\pi f Z_c \operatorname{tg} \theta} \quad (17)$$

2) 对于无损耗传输线在终端开路情况下，此时在 $x=0$ 处， $I=0$ ， $u=u_2$ ， $Z_{cr} = \infty$ ，距终端 x 处，电压 u ，电流 I 及阻抗 Z_{cr} 分别表示为

$$u = u_2 \cos \alpha x \quad (18)$$

$$I = j \frac{u_2}{Z_c} \sin \alpha x \quad (19)$$

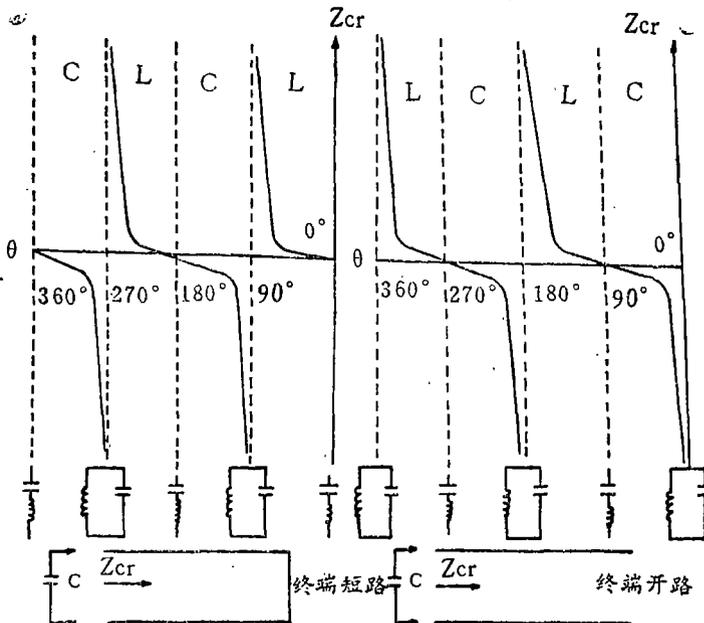


图 3 短路线阻抗与长度关系

图 4 开路线阻抗与长度关系

$$Z_{or} = -jZ_0 \operatorname{ctg} \theta \tag{20}$$

其中 $\theta = \alpha x$, 故无损耗传输线在终端开路情况下, 传输线上阻抗按 $\operatorname{ctg} \theta$ 的规律分布, 阻抗与长度关系如图 4 所示。

四、混频组件

混频组件采用如图 5 所示的简易的 UHF 下高频调谐器改制。

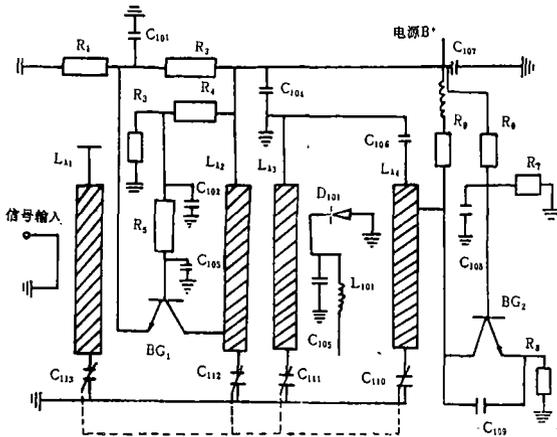


图 5 简易的 UHF 电容调谐器工作原理图

它由输入电路、高放电路、混频电路及本振电路四部分组成。

输入电路采用调谐式电路, 由 $L_{\lambda 1}$ 短路传输线和可变电容 C_{113} 组成。通过一个耦合环来传递能量。输入阻抗 300 欧姆。

高放电路采用共基极放大电路, 工作稳定。高放电路的负载采用双调谐回路, 即短路传输线 $L_{\lambda 2}$ 与可变电容 C_{112} , 短路传输线 $L_{\lambda 3}$ 与可变电容 C_{111} 组成双调谐电路。经高放级放大的信号由耦合环耦合到混频电路进行混频。

混频利用二极管的非线性特性, 组成二极管混频电路。UHF 信号与本振信号分别由耦合环拾取后, 加至二极管 D_{101} 进行混频。 L_{101} 及 C_{105} 组成一个低通滤波器, 混频后得到的中频信号经低通滤波器输出。

本振电路采用改进型电容三点式振荡电路, 电感元件采用 $1/2$ 入终端开路传输线, 振荡频率主要由 C_{106} 、 C_{110} 及传输线电感 $L_{\lambda 4}$ 决定。本振信号由耦合环加至二极管一端进行混频。

利用 UHF 下高频调谐器改制成 714 兆卫星直播电视接收系统的混频组件时, 需要满足卫星接收系统对高频混频的要求, 即混频组件必须把接收到的高频载频信号(714 兆), 变换到指定的中频频率(70 兆)。在变换过程中, 要保持原来的调频信号的频谱结构, 以便对中频信号进行高增益放大、AGC 控制、中频转接传输、中频解调和基带处理。为此, 改制后的混频组件必须达到如下条件: [31]

- 1) 输入阻抗为 50 欧
- 2) 本振频率固定为 784 兆
- 3) 高放曲线的中心频率调整在 714 兆, 且 3 分贝带宽为 20 兆。

这样, 经低通滤波器输出的中频即为 70 兆。并且保持了原来调频信号的频谱结构, 达到混频的目的。

改制成的混频组件的高频输入口和中频输出口均用 L_8 电缆头连接。实测的直流工作参数如表 1 所示。

评价混频组件的技术性能, 主要有组件增益、噪声系数、带宽、带外抑制、本振频率稳定度等指标。

应用各类电子仪器, 组成如图 6 所示电路。实测改制后的混频组件数据如表 2 所示。

表1 改制后简易混频组件的直流工作参数

晶体管 项目 参数	直流工作 电流 (mA)	V_b (V)	V_c (V)	V_o (V)
高放 (BG1)	2.0	4.0	3.3	12.0
本振 (BG2)	10.0	6.4	6.2	11.0

1. XXII 信号发生器
2. PX12 频率计
3. DA1 超高频毫伏表
4. 改制后混频组件
5. DA1 超高频毫伏表
6. XZ-SCWI 前置中放
7. PS-43 数字频率计
8. SBM-14 多用示波器
9. GX2 微瓦功率计

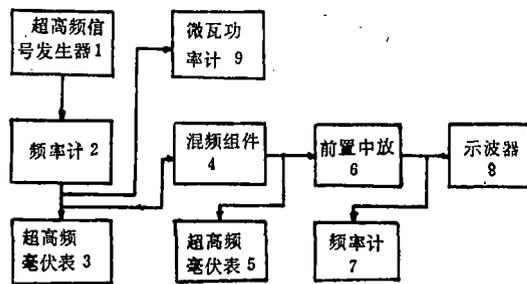


图6 点测混频组件 $f-V$ 特性仪器连接图

表2 点测混频组件 $f-V$ 数据

序号	输入频率 (MHZ)	输入电压 (mv)	输出电压 (mv)	中频 (MHZ)	示波器指示格数
1	726.10	4.30	11.0	58.49	19
2	725.00	4.50	11.0	59.70	20
3	724.00	5.30	13.5	60.90	20
4	721.80	5.30	12.5	63.14	22
5	719.20	6.00	14.5	65.33	24
6	719.00	4.75	9.5	65.09	23
7	717.25	5.80	8.2	67.76	24
8	714.20	8.70	7.8	70.47	23
9	712.20	2.80	5.0	72.75	23
10	709.20	2.90	6.2	75.56	22
11	707.25	2.50	6.5	76.93	19
12	705.25	5.20	13.0	79.75	18
13	704.25	2.15	5.8	80.25	14

测试结果表明, 简易混频组件达到如下性能指标:

- 1) 中心频率: 714MHz
- 2) 带宽: $714\text{MHz} \pm 12\text{MHz}$ (702~726MHz)

- 3) 带外抑制: 40dB
- 4) 不平坦度: 0.9dB
- 5) 组件增益: 0dB
- 6) 本振频率: 784MHz
- 7) 频率稳定度: 6×10^{-4}
- 8) 输入阻抗: 50 欧姆
- 9) 电源电压: 12V
- 10) 噪声指数: $\leq 6dB$
- 11) 中频频率: 70MHz

本振电源电压变化对本振频率影响如表 3 所示。

表 3 本振电源电压变化对本振频率影响

电压变化 (V)	中频频率变化 (MHz)	电压变化 (V)	中频频率变化 (MHz)
11.8	69.992	8.5	69.812
11.0	69.967	7.2	69.730
10.0	69.917	6.5	69.667

即本振电源电压下降到 54% 左右, 中频频率变化 0.05%。频率跟踪统调范围为 20MHz。

五、小 结

本文研究的混频组件已在华东师范大学 714 兆卫星直播电视接收系统中工作了二年多, 从工作情况和实验所测得的结果表明, 用已经大量生产的高频调谐器改制成用于 714 兆卫星电视接收系统的混频组件的方法切实可行, 混频组件的性能稳定可靠, 并且具有价格低廉, 便于普及等优点。

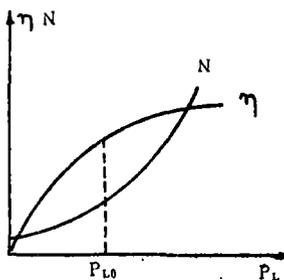


图 7 变频效率噪声系数与本振功率的关系

值得指出的是本机振荡的工作电流需精心选择。混频器的工作状态取决于混频效率和混频噪声, 它均与本振功率选取有关, 如图 7 所示

随着本振功率加大, 混频效率升高, 但当本振功率增加到一定值时, 效率不再提高, 开始饱和。另一方面, 随着本振功率的增加, 混频噪声也随之升高。一般 P_L 取在 P_{L0} 点为好, 功率约为 0.5~1 毫瓦。

混频组件由于结构简单, 因而噪声系数还不够理想。然而, 整个卫星电视接收系统的等效噪声温度是由下式决定的

$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1 G_2} + \dots + \frac{T_{en}}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}} \quad (21)$$

其中, $G_1, G_2 \dots G_n$ 为各级的增益, $T_{e1}, T_{e2} \dots T_{en}$ 为各级的噪声温度。

当前级低噪声高放做得比较好时, 噪声系数较小时, 该混频组件将完全适用, 实践证明, 收到的图象质量在 4 级左右。

最后,构成变频电路的方式是多种的,当采用双平衡变频电路时,混频组件的输入,输出特性将会更理想些,理论分析表明^[4],双平衡电路的最大特点是它本身可抑制许多不需要的奇次和偶次谐波。这种电路,由于抑制了其它杂散信号和本振的奇次和偶次谐波,因而各种组合频率产生的干扰也大为减小。还具有较高的变频增益。但这种电路的制造工艺较复杂,价格也较昂贵。

参 考 文 献

- [1] 顾龙翔、周宝田,“714兆卫星电视接收机系统”,《华东师范大学学报》1983年第1期,42页~48页
- [2] 谢源清、籍义忠,《晶体管高频电路》
- [3] Минашин, В.Л., основные принципы системы (экран) элекмосвя зь
No 5, (1977). 5
- [4] 陈其津,《调频接收机》86页~98页

85012

可用于自动补偿环节的电导率传感器的研制 《无锡轻工业学院学报》1985年 第4卷 第2期

关键词: 传感器研制

内容简介 本文讨论一种电导率测定的方法、原理。该传感器暂定为变压器型电导率传感器。其优点是: 结构简单; 使用方便; 工作可靠以及可用于电导率的补偿环节。

作者: 唐永炎

85013

714MHz. 卫星电视接收系统中简易混频组件的研制 《无锡轻工业学院学报》1985年, 第4卷, 第2期

关键词 卫星接收混频

摘要 本文分析了一般的混频原理和讨论了分米波混频器的特点, 提出了用已经大量生产的高频调谐器改制成用于714兆卫星电视接收系统中的混频组件的方法。对获得的实验结果进行了讨论。实验表明, 方案切实可行, 混频组件具有性能稳定可靠, 价格低廉, 便于普及等优点。

作者: 周宝田

85014

试析织布机微机分级检测系统 《无锡轻工业学院学报》1985年, 第4卷, 第2期

关键词 轻纺微机检测系统。

摘要: 从分析织工艺着手, 根据配有几十至上百台织机车间的生产情况, 应用微型计算机系统对该生产过程的开环监测所涉及到的硬、软件进行实例分析, 作出评价, 最后附上机通过的汇编语言程序。

作者: 谢志刚, 赵曾貽

85015

圈条原理分析 《无锡轻工业学院学报》1985年, 第4卷, 第2期
关键词 圈条器, 圈条轨迹, 圈条, 大圈条, 小圈条, 圈条速率。

摘要 本文对圈存速度、圈条长度以及圈条轨迹作了理论分析。指出当工艺要求圈存速度保持恒值时, 则圈条半径必须略有波动。文中导出了计算圈条长度公式, 其精度高于已有的公式。同时利用作图法绘制了圈条轨迹曲线, 并得出: 当圈条盘与条筒反向转动, 曲线为 $(i+1)$ 支, 如二者同向转动, 则曲线为 $(i-1)$ 支。为了提高条筒容量, 建议采用反向转动方式圈存棉条, 如欲提高圈存容量, 则可以使用同向转动工艺比较优越。

作者: 刘国涛

85014

THE ANALYSIS OF SAMPLES for MICRO-COMPUTER DISTRIBUTIVE MONITOR SYSTEM for the LOOM «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.4, No.2, 1985

KEYWORDS Loom Micro-computer Monitor System.

ABSTRACT This article began with the analysis of loom technology, on the basis of workshops with tens of looms or up to more than a hundred. By employing micro-computer distributive system, the practical samples of the micro-computer's hardware and software with open loop monitor for production process were studied, analyzed and evaluated finally, a Z-80 language program for the micro-computer(ZSS) was enclosed.

Author: Xie Zhiqong Zhao Zengyi

85012

A RESEARCH for SPECIFIC CONDUCTANCE TRANSDUCER «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.4, No.2, 1985

KEYWORDS The Reseach for Transducer.

ABSTRACT This paper introduced a new principle and technique for the specific Conductance measurements. The transducer was thus named trans-former-type specific Conductance transducer. The advantage of the transducer were, Simplicity of construction, convenience of application, reliability of operation and adaptability for specific conductance autocompensation elements. Accordingly. It might see wide usages in industry and research departments.

Author: Tang Yongyan

85015

THE PRINCIPLES and ANALYSIS of COILING «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.4, No.2, 1985

KEYWORDS Coiler, Coiling locus, Coiling, Over-center coiling, Around-center coiling, Coiling speed.

ABSTRACT This paper discussed briefly the coiling-speed, Coiling-length and coiling-locus. If the coiling speed was to be maintained a constant the coiling radius would be a slightly variable value. Through mathematical calculations of coiling lengths, equation (23) was obtained which had a better accuracy than others. When the coiler wheel turned clockwise and the can anti-clockwise (In fig.4), or the reverse, the curves of coiling were equal to the coiling speed rate $(i+1)$ (assuming $i=4$), then, the capacity of the can would increase. Generally, if the coiler wheel and the can were in the same direction (In fig.5), the curves of coiling were equal to the coiling speed $(i-1)$. But the quality of coiling was better than that mentioned earlier. Besides, For maximum capacity, the center hole should be at least 30 per cent of the can diameter D , there should be also a slight gap between the coils and the inner wall of the cans, so the sliver could be drawn from the can without undue friction at the next operation.

Author: Liu Guotao

85013

the SIMPLE CONVERTER COMBINATORY UNIT DEVELOPMENT in a 714 MHz SATELLITE TELEVISION RECEIVING SYSTEM «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.4, No.2, 1985

KEYWORDS Satellite Receiver Converter Development

ABSTRACT One of the key factors of satellite television receiving technology is to develop a combinatory Unit of converter, which can operate can operate stably, reliably and also can be produced economically.

This paper first reviewed the general principle of frequency mixing and discussed the characteristics of decimeter band converter in detail. Then a plan was proposed that mass-produced converter in ordinary Tvsets could be converted into converter combinatory units good for 714 MHz satellite television receiving system. The results obtained through experiments were also theoretically analysed. Experiments showed the scheme to be practical and feasible, the simple converter combinatory unit also reliable, stable, economical and easily popularized.

Author: Zhou Baotian