

一种低电平调幅器设计

周治良¹ 程 丰¹ 郑丽娜²

(1. 中国人民解放军第五七一五工厂 洛阳 471000; 2. 河南科技大学 洛阳 471000)

摘要: 在通信系统中, 振幅调制应用广泛, 目前振幅调制分为高电平调幅和低电平调幅。针对低电平调幅几种传统实现方法, 虽然设计灵活, 原理简单, 但都调试复杂。提出一种新的低电平调幅器设计方法。根据非晶金属的磁化特性, 阐述了压控电感的工作原理和制作工艺, 给出了调幅电路、磁化电感控制电路原理图, 并详述了其工作原理。通过试验验证, 该型调幅器性能优良稳定, 线性度好, 灵敏度高, 具有良好的创新性和新颖性, 开创了一种新型低电平调幅器的设计方向。

关键词: 调幅; 晶体振荡器; 压控电感; 磁化

中图分类号: TP14 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Design of the low level AM

Zhou Zhiliang¹ Cheng Feng¹ Zheng Lina²

(1. No. 5715 Factory of PLA, Luoyang, 471000, China; 2. Henan University of Science and Technology, Luoyang, 471000, China)

Abstract: The AM has a wide applications in communication system. At present it is divided into high level and low level AM. In view of traditional implementation method about low level AM, it has the advantage of design flexibility and principle simplicity, but its debugging is complex. It propose the design method of low level AM. According to the magnetization of amorphous metal. the working principle and fabricate technics of voltage controlled inductor are described. The circuit diagram of AM and magnetization inductor are given, its working principle is introduced. Through experimental verification, the AM has the advantage of excellent performance, good linearity and high sensitivity. It has novel innovation and create a new design direction about AM.

Keywords: AM; crystal oscillator; voltage controlled inductor; magnetization

1 引言^[1-2]

在无线电通信中, 为了将信号从发射端传送到接收端, 必须进行调制和解调。所谓调制, 就是用传递信息所转化的电信号(称为调制信号)去控制载波的某一参数。所谓调幅, 就是用调制信号去控制载波的振幅。目前按调幅级电平的高低分为低电平调幅和高电平调幅。

高电平调幅是指直接产生满足发射机输出功率要求的已调波, 为了获得大的输出功率, 总是用调制信号去控制处于丙类工作的末级谐振功率放大器实现调幅。它的优点是整机效率高。对末级受调放大器来说, 必须兼顾输出功率、效率和调制线性的要求。常用的是晶体管基极调幅和集电极调幅电路。在这些电路中, 利用基极偏压变化或集电极电源电压变化时放大器输出电压变化这一特性达到调幅目的。通常高电平调幅只能用来产生普通调幅波。目前发送普通调幅波的无线电广播电台均采用高电平调幅。

对于高电平调幅, 主要用于产生普通调幅波。根据调

制电压所控制的电极不同, 可分为基极调幅、发射机调幅和集电极调幅等几种电路。

对于基极调幅, 基极电压的变动才能对集电极电流产生明显的影响, 所以基极调幅应工作在欠压区。欠压时效率低, 这是基极调幅的最大缺点。基极调幅的优点是对于调制信号只需很小的功率, 这是由于基极电流小、消耗功率不大之故。

对于发射极调幅, 它与基极调幅电路原理和特征相似, 两者的明显差别仅在于所需要的调制功率不相等。

对于集电极调幅, 为解决线性调制问题, 电路最好既不进入强过压区, 也不要进入欠压区, 而是在调制过程中保持弱过压-临界状态。这样, 既可以改善调制特性, 又保持较高的效率。集电极调幅的优点是线性比基极调幅好, 效率也高, 缺点是调制信号接在集电极回路中, 供给的功率比基极调幅时所需的调制功率大得多。

低电平调幅是指先在低功率电平级产生已调波, 再经

过高频功率放大器(又称已调波放大器)放大到所需的发射功率。由于低电平调幅电路的功率较小,输出功率和效率不是主要技术指标,所以,调幅电路的形式、非线性器件的类型及工作状态的选择都不受输出功率和效率的限制,因此有较大的灵活性,可以更好的提高调制的线性度和实现抑制载波输出。实现低电平调幅的方法有平方率调幅器、平衡调幅器、环形调幅器和集成电路调幅器等,DSB和SSB一般采用低电平调幅电路实现。

鉴于传统低电平调制电路,提出一种新的低电平调幅器设计理念,给出一种以压控电感为核心元件的低电平调幅器的设计方法。

2 载波设计

载波作为调幅器的一部分,要求载波的频率、幅度稳定可靠^[3],采用晶体振荡器生成载波。晶体振荡器原理如图1所示。

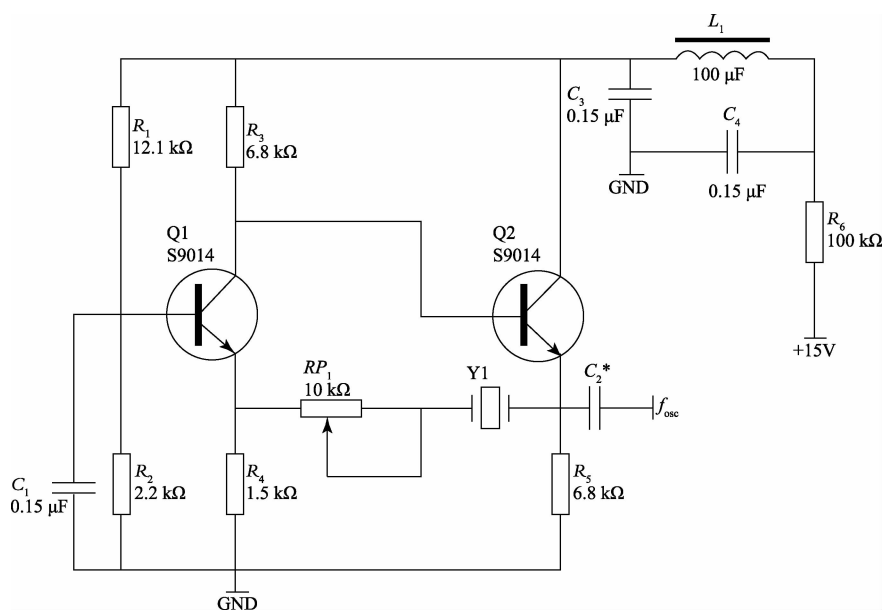


图1 晶体振荡器原理

从图1看到,该晶体振荡器为串联型晶体振荡器,石英晶体工作在频率 ω_c 处,因为是串联谐振^[4],晶体相当于一个纯电阻。它接在电路的反馈网络中,构成正反馈,以满足产生振荡的相位平衡条件。同时,它又是选频网络,调节 RP_1 的大小,可使幅值平衡条件满足。

为使晶体振荡器工作在最佳状态,即振荡器输出振荡信号幅度稳定,其中合理配置硬件参数是保证晶体振荡器工作在最佳状态的关键因素之一。在设计初期,设计人员通过理论计算初步确定晶体振荡器各元器件量值和振荡器工作参数。在调试阶段,通过对关键器件量值进行微调可使晶体振荡器工作在最佳状态。

3 压控电感

所谓压控电感,即电感值受外部电压所控制,压控电感依靠其材料的特性及相关结构来保证其感值受外部电压控制的特性,下面就介绍压控电感的工作原理及结构。

3.1 工作原理

压控电感由内部非晶合金磁芯和外部漆包线圈组成,其中非晶合金具有高饱和磁感应强度、高磁导率、低矫顽力、低损耗、良好的温度稳定性和良好的时效稳定性等特

点,对于压控电感来说,其电感值为:

$$L = \mu n^2 \tau \quad (1)$$

式中: μ 为非晶合金磁导率, n 为电感线圈单位长度匝数, τ 为电感体积。当电感制作完毕后, n 和 τ 值已确定,而磁导率 μ 值则受到与电感轴向方向一致的磁场控制,所以改变电感感值可以通过改变非晶合金磁导率 μ 值获得,磁导率 μ 为非晶金属磁感应强度 B 和外部磁场强度 H 的比值,即:

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (2)$$

磁感应强度 B 和磁场强度关系图^[5]如图2所示。

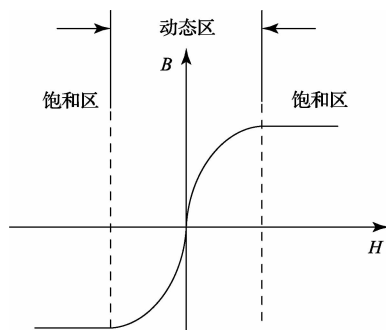


图2 非晶金属磁化曲线

图 2 中,非晶合金磁化曲线包含两个区域,动态区和饱和区。在动态区内,磁感应强度 B 会随着磁场强度 H 变化而变化,在饱和区内,无论磁场强度 H 如何变化,磁感应强度 B 基本保持不变,趋于定值。磁化曲线上各点处切线斜率表征该点的磁导率 μ 的变化率,在接近饱和区的动态区域内磁导率 μ 变化显著,称为敏感区域,我们就利用非晶合金磁化曲线在该区域的特性制作压控电感。

3.2 压控电感结构设计^[6]

为使压控电感工作在敏感区域,必须将非晶合金磁芯磁化至该区域。也就是说,压控电感非晶合金磁芯必须在外界磁场磁化下工作在敏感区域,同时要求非晶合金磁芯均匀磁化,以使其磁化稳定,这样就要求外界磁场方向必须与压控电感轴向方向一致。为满足上述要求,压控电感外部设计有磁化电感,磁化电感同样由非晶合金磁芯和漆包线圈组成,压控电感与磁化电感放置结构示意图如图 3 所示。

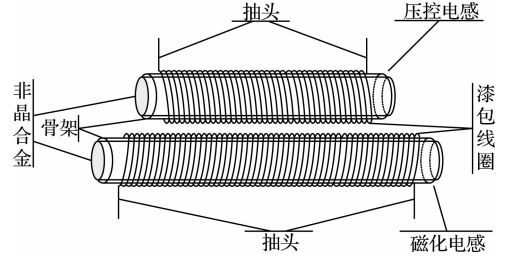


图 3 压控电感与磁化电感结构示意图

图 3 中,压控电感与磁化电感轴心平行,轴心间距 $4 \sim 5$ mm,压控电感与磁化电感长度比为 $1 : 1.5$,非晶磁芯截面积比为 $1 : 20$,单位体积内漆包线圈匝数比为 $1 : 5$ 。这样的结构既能保证压控电感磁芯均匀磁化,由能保证压控电感对磁化电感的互感影响。

4 调幅电路设计

应用压控电感的电感值受外部磁场控制的特性,设计调幅电路如图 4 所示。

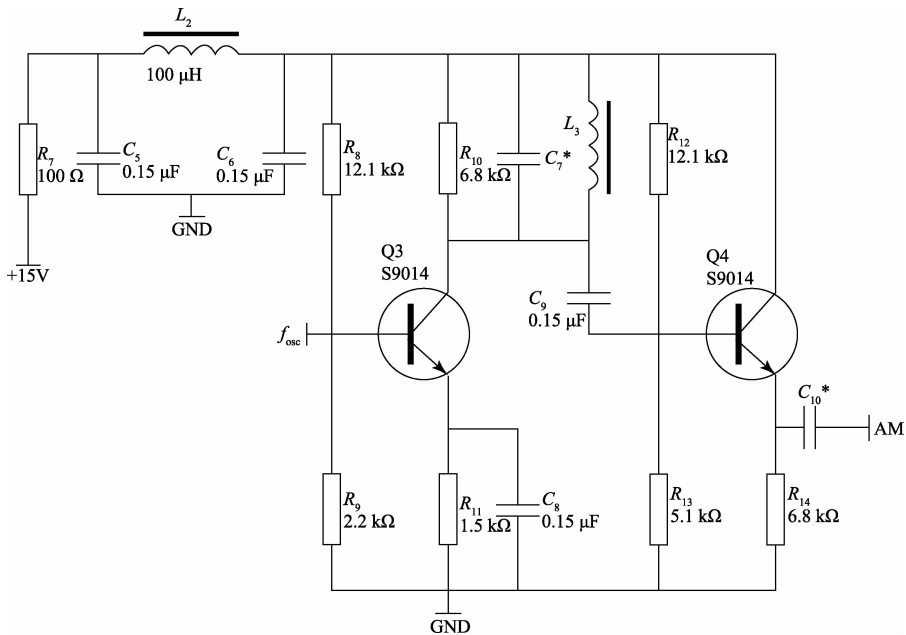


图 4 调幅电路原理

图 4 中,由晶体振荡器产生的 f_{osc} 作为载波信号输入到共射放大电路的基极输入端。电感 L_3 为压控电感,它作为并联谐振电路的一部分受到磁化电感的磁化,其电感值也随之变化。该调幅电路的原理就是用调制信号去控制磁化电感,间接改变 L_3 的电感值,从而实现对接谐振回路

谐振点的控制。

磁化电感作为调幅器的核心元件之一对调幅器起着至关重要的作用,磁化电感控制电路原理图如图 5 所示。

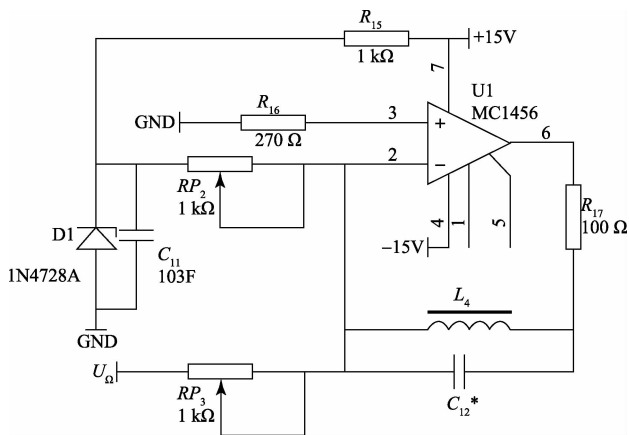


图5 磁化电感控制电路原理

从图5看出,磁化电感控制电路由加法器组成^[7-8]。 L_4 为磁化电感,工作中,磁化电感漆包线圈中信号由两类信号组成:一类为直流信号;另一类为调制信号。首先它在恒定直流信号驱动下产生磁场将压控电感磁化至敏感线性区域,然后在恒定直流信号上叠加入调制信号,从而使压控电感值在调制信号的控制下在线性区域内变化。磁化电感驱动电压 $U_{\text{压控}}$ 与谐振频率 ω 的关系如图6所示。

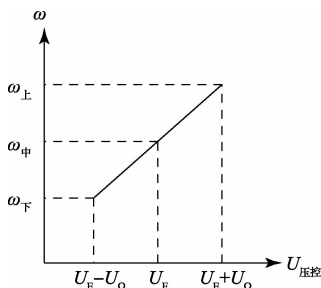
图6 $U_{\text{压控}}$ 与 ω 关系

图6中, U_E 为恒定直流信号, U_Ω 为调制信号幅度,磁化电感的控制电压在 $(U_E - U_\Omega) \sim (U_E + U_\Omega)$ 的范围内。为使调幅电路有效输出调幅波信号,在确定压控电感线性区的前提下,需要调整 C_7^* 使谐振电路的谐振角频率大于 ω_L 或小于 ω_F 。在调制信号 U_Ω 控制下压控电感性值变化较小,其变化量以个数记,故 LC 并联谐振电路品质因数 Q 值基本不变,这样其幅频特性波形也基本保持不变。

5 功率放大器设计

为提高在高频范围,调幅信号为获得足够大的输出功率,必须采用高频功率放大器^[9-10]。由于高频功率放大器的工作频率高而相对带宽却很窄,因此一般采用 LC 谐振回路作负载,通常把这种窄频带的高频功率放大器称为谐振功率放大器,它适用于固定频率或频率变化范围较小的通信设备中。

作为功率放大器,其输出功率和效率是谐振功率放大

器研究的核心问题。放大器效率的提高,不仅可以增加输出功率、减小功率管的功能、延长管子的使用寿命和提高功率放大器的可靠性,而且还可以降低对直流电源的要求,缩小设备的体积。因为谐振功率放大器采用 LC 谐振回路作负载,所以可采用丙类工作状态来提高放大器的功率。

6 磁屏蔽壳体设计

因为压控电感和磁化电感受外部磁场的影响较为敏感,高斯级磁场强度就能引起其工作参数的变化,一般认为地磁场强度可达50个Gs左右,所以地磁是能够影响调幅器工作参数的一个重要因素,通常情况下,周围的金属物质因为受到外部磁场的磁化而产生剩磁,这些剩磁也是形成空间环境复杂磁场的因素,除此之外,空间通信产生的交变磁场也是不能忽略的一个重要因素,综合以上原因,因此调幅器电路不能暴露在复杂的空间磁场环境下。为消除外界地磁、金属剩磁和交变磁场等磁场的影响,需要将压控电感和磁化电感置于磁屏蔽壳体内。磁屏蔽壳体由纯铝铣成,对外接口设计与电感轴向平行的侧面。

7 功能验证

该新型低电平调幅器属于理论研究性课题,目前还处于理论研究阶段,为验证其理论,对电路功能进行了验证,器件及指标参数如下:

1) 晶体振荡器设计输出频率 f_{osc} 为1.5 MHz,也就是载波频率为1.5 MHz;

2) 调整磁化电感控制电路中的 RP_2 控制磁化电感 L_4 中的电流将调幅电路的压控电感 L_3 磁化至敏感线性区域,确定其中心值,此时压控电感感值为 $50 \mu\text{H}$;

3) 调整调幅电路中的电容 C_7^* 使 LC 并联谐振电路的谐振频率为1.6 MHz,此时 C_7^* 选值为200 pF;

4) 控制调制信号 U_Ω 的电压幅值或 RP_3 的阻值,使 LC 并联谐振电路的谐振频率动态变化范围为1.55~1.65 MHz,此时对应压控电感感值范围为 $52.72 \mu\text{H} \geq L_3 \geq 46.52$,在此条件下 $RP_3 = 200 \Omega, 100 \text{ mV} \geq U_\Omega \geq -100 \text{ mV}$ 。

上述参数设定后,通过实验测量可得,调幅波调幅指数为0.5,若想调整条幅波的调幅指数,可以通过以下方式实现:增大 RP_3 阻值,调幅指数减小,减小 RP_3 阻值,调幅指数增大。

8 结论

该低电平调幅器用于无损探伤系统中的移动节点子系统,它可将探伤传感器输出的模拟信号进行幅度调制并发送给固定节点,有效的解决了置于高处或狭小空间内的传感器数据传输和敷设传输导线困难的问题。实物图如图7所示。

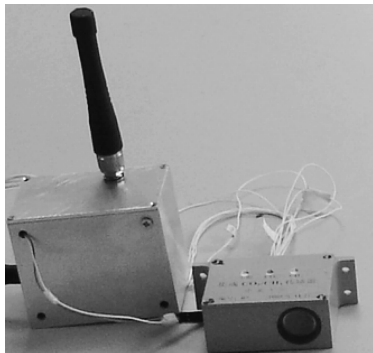


图7 调幅器实物

提出了一种全新的调幅器设计方法,经过试验验证,该型调幅器性能优良,线性度好,可用于无损探伤系统中的无线传输,但由于其工艺结构复杂,经济成本较高,不便于批量生产,但其为工程技术人员提供了一条新的调幅器设计方向,开拓了一片新的技术领域。

参考文献

- [1] 林素红,李迟生,姜志英.一种适用于正文振幅调制(QAM)信号的符号定时同步算法[J].科学技术与工程,2014,14(1):214-216.
- [2] 周治良,梁丽华,张传军,等.一种通信控制器设计[J].国外电子测量技术,2012,31(1):89-91.
- [3] 周治良,张传军,景晓峰,等.基于CPLD和MSComm控件频率测量仪设计[J].电子测量技术,2010,33(8):28-30.

- [4] 胡红刚.串联谐振系统的应用[J].科技情报开发与经济,2010,20(24):193-194.
- [5] 蒋颜玮,房建成,王三胜,等.基于非晶合金非对称巨磁阻抗效应的磁传感器设计[J].传感技术学报,2011,24(2):175-177.
- [6] 邱鑫隆,韩冰,黄东岩,等.非晶合金弱磁传感器的研制[J].吉林大学学报,2009,47(2):350-353.
- [7] 马连生.集成运放线性应用电路的分析方法[J].廊坊师范学院学报,2010,10(1):49-52.
- [8] 周治良,付强,张继明,等.专用型与通用型真有效值表互换测量可行性研究[J].仪器仪表学报,2011,32(6):255-257.
- [9] 姜岩峰,张东.数字接收机中CIC滤波器的设计[J].电子测量与仪器学报,2011,25(8):671-675.
- [10] 周治良,张传军,鲍启元,等.一种七位巴克码数据发送卡的设计[J].自动化技术与应用,2009,29(1):91-93.

作者简介

周治良,1979年出生,硕士研究生,工程师。主要研究方向为动态测试和智能仪器等方面技术。

E-mail:kslwzzl@126.com

程丰,1982年出生,工程师。主要研究电子线路开发及设计方面。

郑丽娜,1981年出生,硕士研究生,讲师。主要研究方向为微电子技术。

是德科技边界扫描分析仪全面提升测试效率和功能

北京一是德科技公司(NYSE:KEYS)日前宣布,测试与测量解决方案提供商 Solution Sources Programming Inc.(SSP)应用 Keysight x1149 边界扫描分析仪(独立配置)或 Keysight i3070 在线测试系统(集成配置)实现了出色的边界扫描测试功能。以 Keysight x1149 为基础构建的 SSP 解决方案已用于 11 个重要项目,涵盖从无接入电路板到 50000 节点复杂网络电路板(连接超过 9250 个网络)的广泛应用。

应用传统在线测试技术测量密度极高的网络电路板将面临一系列挑战,包括物理空间不足无法建立最佳的测试点和高速信号传输与信号完整性问题,以及部分应用中的同一电路板多个边界扫描链的挑战。是德科技公司外

形紧凑的台式 x1149 能够轻松实现在线测试仪功能,并提供强大的配套测试功能,以及易于使用的制造测试特性。x1149 具有独特的 Autobank 诊断功能,可以提升测试效率。

此外,平板电脑或小尺寸手机等测试接入点受限的电路板也可以应用 SSP 在线测试解决方案。是德科技公司独特的覆盖扩展技术以及硅钉边界扫描功能可以帮助完成电路板关键区域的扫描。

是德科技公司产品开发团队不断扩展 x1149 的应用功能,并与电子行业的领导企业密切协作,应用创新边界扫描解决方案增强产品质量。