

微波交指型带通滤波器的设计

罗治贤 张怀武 程磊

(电子科技大学 微电子与固体电子学院, 成都 610054)

摘要 采用经典设计法,由集总低通结构变换到交指型微带线结构。设计了2个频带分别是(1—1.41)G和(1.41—2)G的交指型微带线带通滤波器,从而解决了集总元件滤波器在高频范围内结构复杂,带宽低和插入损耗太大的问题。基于ADS软件仿真和优化,并用矢量网络分析仪进行测量其S21曲线,设计最终结果与理论吻合,达到指标要求。

关键词 带通 交指型 ADS仿真 矢量网络分析仪

中图分类号 TN713.7;

文献标志码 A

在微波电路中,滤波器性能对于系统指标影响的重要性不言而喻。微波滤波器主要包括微带滤波器、介质滤波器、波导滤波器和LTCC滤波器等。微带线滤波器具有体积小、重量轻、频带宽和易于实现等优点。

所谓“交指型”是指由两组平行耦合线谐振器阵相互交叉组成的结构。结构包括3种:终端开路式、终端短路式和电容加载式。本文采用终端开路式结构,主要用于宽带(相对带宽大于30%)滤波器^[1]。结构如图1所示。

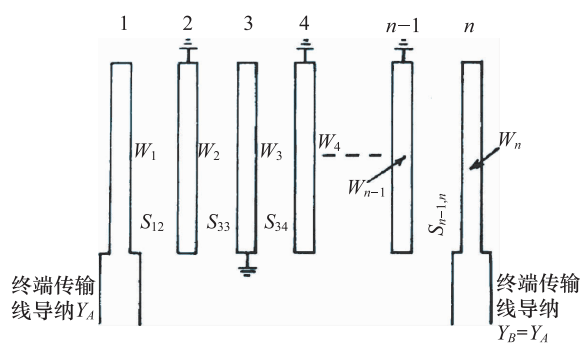


图1 终端开路式交指型滤波器结构图

1 交指型带通滤波器的设计原理

1.1 交指型结构的特点

交指耦合微带滤波器的优势包括结构紧凑、频

带分布足够宽和布局方便等。本文首先介绍了交指滤波器的设计原理及方法,并利用ADS对设计进行仿真和优化,最后利用矢量网络分析仪对做出的实物进行验证,表明结果满足设计要求。

1.2 交指型带通滤波器的设计原理

本文的设计采用经典设计方法,首先用现代网络综合法设计出集总元件低通原型,然后通过频率变换得到集总带通参数^[2],最后用实现,根据测量结果进行调试。

低通到带通的频率变换:

$$\frac{\omega'}{\omega_1'} = \frac{2}{\psi} \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \right) \quad (1)$$

$$\psi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \quad (2)$$

$$\omega_0 = \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} \quad (3)$$

确定滤波器阶数(选择巴特沃斯低通原型)

$$N = \left\lceil \lg \left[\frac{(10^{a_{\min}/10} - 1)}{10^{a_{\max}/10} - 1} \right] \right\rceil / 2 \lg \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right) \quad (4)$$

计算相关参数

$$\theta_1 = \frac{\pi \omega_1}{2 \omega_0} \quad (5)$$

$$\left. \frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \right|_{k=2 \sim n-2} = \frac{g_2}{g_0 / \sqrt{g_k g_{k+1}}} \quad (6)$$

$$\frac{J_{n-2,n-1}}{Y_A} = \frac{1}{g_0} \sqrt{\frac{g_0 g_2}{g_{n-2} g_{n+2}}} \quad (7)$$

$$N_{k,k+1}|_{k=2\sim n-2} = \sqrt{\left(\frac{J_{k,k+1}}{Y_A}\right)^2 + \left(\frac{\omega_1' g_2 \tan\theta_1}{2g_0}\right)^2} \quad (8)$$

确定归一化单位长自电容

$$\frac{C_1}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A \left(\frac{1 - \sqrt{h}}{z_1/z_A} \right) \quad (9)$$

$$\frac{C_2}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A h \left(\frac{Y_2}{Y_1} \right) - \sqrt{h} \frac{C_1}{\xi} \quad (10)$$

$$\frac{C_k}{\xi} \Big|_{k=3\sim n-2} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A h \left(\frac{Y_k}{Y_1} \right) \quad (11)$$

$$\frac{C_{n-1}}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A h \left(\frac{Y_{n-1}}{Y_1} \right) - \sqrt{h} \frac{C_n}{\xi} \quad (12)$$

$$\frac{C_n}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A \left(\frac{1 - \sqrt{h}}{z_n/z_A} \right) \quad (13)$$

确立归一化单位长互电容

$$\frac{C_{12}}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A \left(\frac{\sqrt{h}}{z_n/z_A} \right) \quad (14)$$

$$\frac{C_{k,k+1}}{\xi} \Big|_{k=2\sim n-2} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A h \left(\frac{Y_{k,k+1}}{Y_A} \right) \quad (15)$$

$$\frac{C_{n-1,n}}{\xi} = \frac{376.7}{\sqrt{\xi_r}} Y_A \left(\frac{\sqrt{h}}{z_n/z_A} \right) \quad (16)$$

接着可以通过查表或者利用 ADS 软件中的微带线计算工具 LineCalc,得出“指”的宽度和间距。

2 滤波器的具体设计

本设计是(1—1.4) G 和(1.4—2) G 的交指型带通滤波器,通带内衰减小于 3 dB,分别在 0.8 G, 1.6 G 和 1.2 G,2.3 G 处衰减大于 20 dB,端口特性阻抗 50 Ω。

根据上面的计算,最终设计的结果是 8 阶耦合,结构具体的尺寸如表 1 所示。

表 1 微带结构尺寸数值				
序号	1	2	3	4
W/mm	0.3	0.5	2.2	3
S/mm	0.25	0.5	0.4	0.2

为了得到较低的插损,需要选用介电常数较低的基板,本文采用的是 rogers4350 高频板^[3],相对介

数为 3.48,制作成双面板,其正面布线,背面全部铺地,过孔金属化,接头采用 SMA—KE。

3 ADS 仿真优化和测量结果

3.1 频带(1—1.4) G 的 ADS 原理图仿真

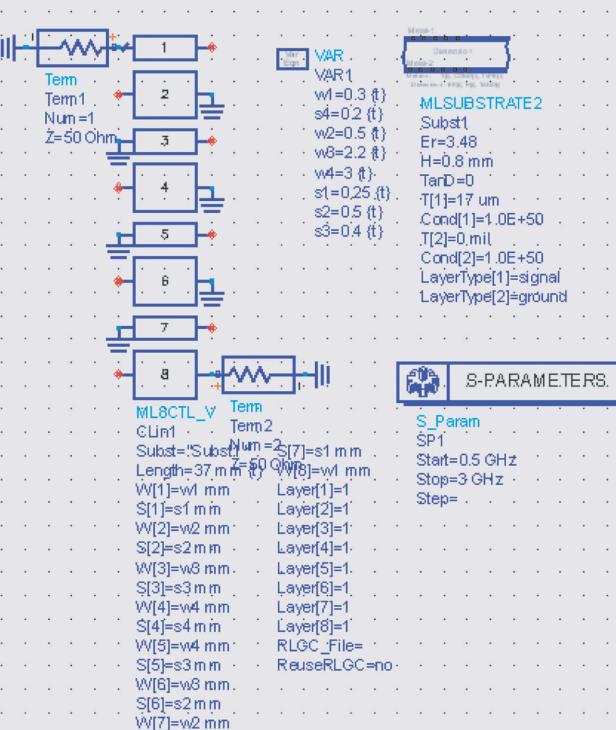


图 2 滤波器 ADS 原理图

3.2 ADS 仿真结构

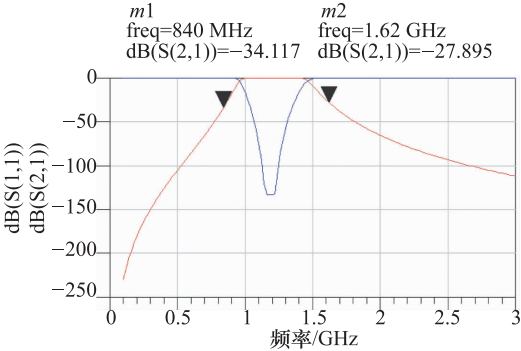


图 3 ADS 仿真结果

由上图可见,在理想情况下,该滤波器的 S21 曲线非常理想,而带外的抑制也足够达到标准的 20 dB

以外。根据上面设计的步骤,同理可以计算出(1.4—2)G 带通的结构参数。

3.3 滤波器实物图

图 4 是滤波器的实物图,上面较长的是(1—1.4)G 频带滤波器,下面的是(1.4—2)G 频带。

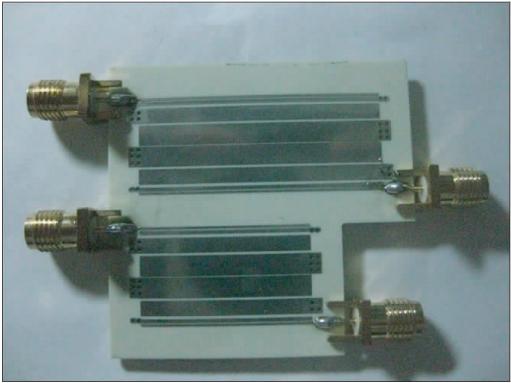


图 4 滤波器实物图

3.2 滤波器测量结果

图 5 是矢量网络分析仪测出两个滤波器的实际效果,可以看出结果符合指标要求。

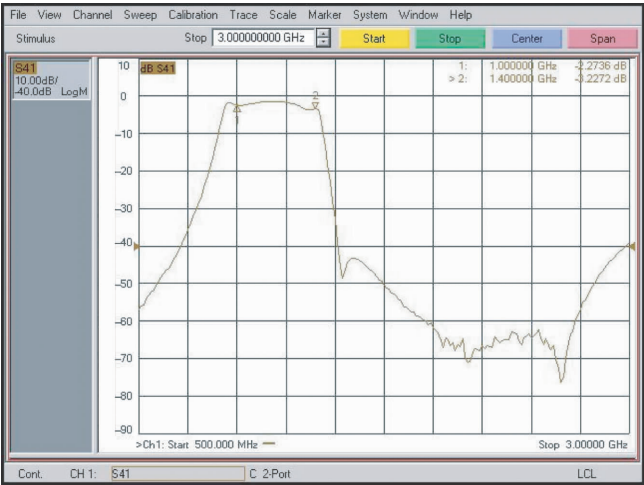


图 5 (1—1.4)G 频带测量结果

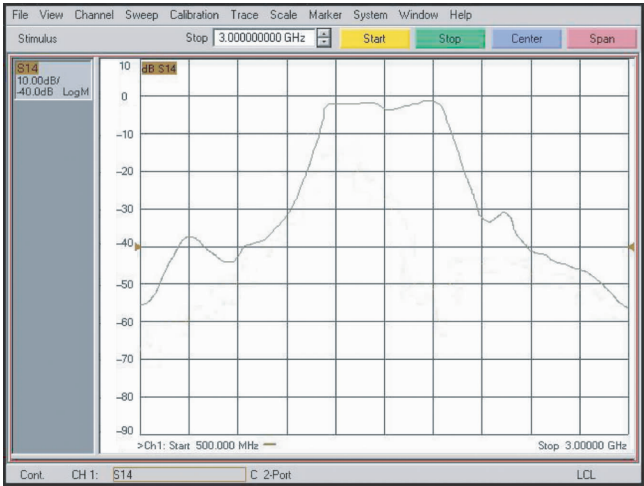


图 6 (1.4—2)G 频带测量结果

4 结论

本设计实现了中心频率分别为 1.205 GHz 和 1.705 GHz,相对带宽为 34% 的 8 阶交指型微带线带通滤波器,通过优化和测量,结果达到设计要求。在仿真微带结构的时候,除了理论计算上要尽量贴近实物以外,更需要考虑到制作过程中可能出现的实际问题,例如加工尺寸精度不够、铜线表面防焊导致的频带漂移和 SMA 接头质量优劣造成的插损等。实际测量的结果会有一定的偏差,需要多次调试才能达到指标的要求。

参 考 文 献

1 Giovanni A,Guisepppe T. Interdigital design forms low-cost bandpass filters. *Microwaves & RF*,1997;48 (9) :77—85

2 甘本祯,吴万春. 现代微波滤波器的结构与设计. 北京:科学出版社,1974

3 张建慧,饶龙记. 高频布线工艺和 PCB 板选材. *无线电工程*, 2001;(02) :32—36

Design of Microwave Interdigital Bandpass Filter

LUO Zhi-xian, ZHANG Huai-wu

(School of Microelectronics and Solid-State Electronics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, P. R. China)

[**Abstract**] A interdigital bandpass filter from 1 GHz to 1.41 GHz and another one from 1.41 GHz to 2 GHz are designed. They were from lumped low-pass structure transformation to interdigital microstrip line structure by classical design method, so as to solve the problems that complex structure, narrow bandwidth and huge insertion loss of lumped structure filter in high frequency. Based on ADS and VNA, the filters are simulated and optimized and the response of S21 had been measured. Final results show that achieve index requirements.

[**Key words**] bandpass interdigital ADS VNA

(上接第 6612 页)

Safety Design for the Throw Device in Fuse Experiment

GAO Zhen-zhou, CHEN Ling, JIN Chang-gen, CUI Yun-hang

(Wuhan Ordnance Top Sergeant School, Wuhan 430075, P. R. China)

[**Abstract**] In fuse experiment, the fuse sample is very dangerous especially when the sample is thrown, because its safety device has been removed artificially. So, the automatic long range throw device is developed using the automatic long range control system. It can reduce the hidden danger when manually throwing the sample, and raise the safety of the fuse experiment.

[**Key words**] fuse experiment throw device safety

(上接第 6616 页)

Research and Design of AC Servo Driver Based on SVM-DTC

ZOU Jie, DENG Zhi-liang

(School of Electronics and Information, Jiangsu University of Science and Technology, Zhengjiang 212003, P. R. China)

[**Abstract**] This essay introduces the AC servo system of the PMSM, and put forward a new control strategy based on SVM-DTC, aiming at the torque pulsation of the direct torque control(DTC). This strategy uses component of electron voltage in the stator flux linkage coordinate to control electromagnetic torque and flux linkage, integrating SVPWM to control the switch of inverter. Besides, hardware platform is built using DSP2812. According to the simulation of MatLab and the wave form of the test, SVM-DTC can reduce the fluctuation of torque and flux linkage effectively.

[**Key words**] PMSM SVPWM DTC DSP