

# 用微波 CAD 软件精确设计交指滤波器

方 涌

七二三所海菱公司 江苏扬州

**摘要：**考虑了过孔、T型结的影响，给出微波交指滤波器的更为精确的等效电路，并利用微波 CAD 工具对其进行了精确设计。

**关键词：**交指 滤波器 T型结

## 1. 引言

微波带通滤波器是现代电子系统的关键部分之一。现代电子系统要求小型化，重量与体积成为一个比较重要的考虑因素。印制电路交指滤波器具有结构紧凑、便于生产，容易集成等优点。

交指滤波器的设计已有文献给出其设计公式，但是这些设计公式没有考虑传输线不连续时的影响，以及印制电路采用过孔接地的影响，设计出的滤波器与理论上有较大偏差。而印制电路交指滤波器实际上不易调整，要求设计要一次成功。

本文讨论了印制电路交指滤波器的精确等效电路，并利用微波 OFFICE 软件对其进行精确设计。

## 2. 精确的等效电路

### 2.1 交指滤波器一般等效电路

微波交指滤波器的一般形式见图 1

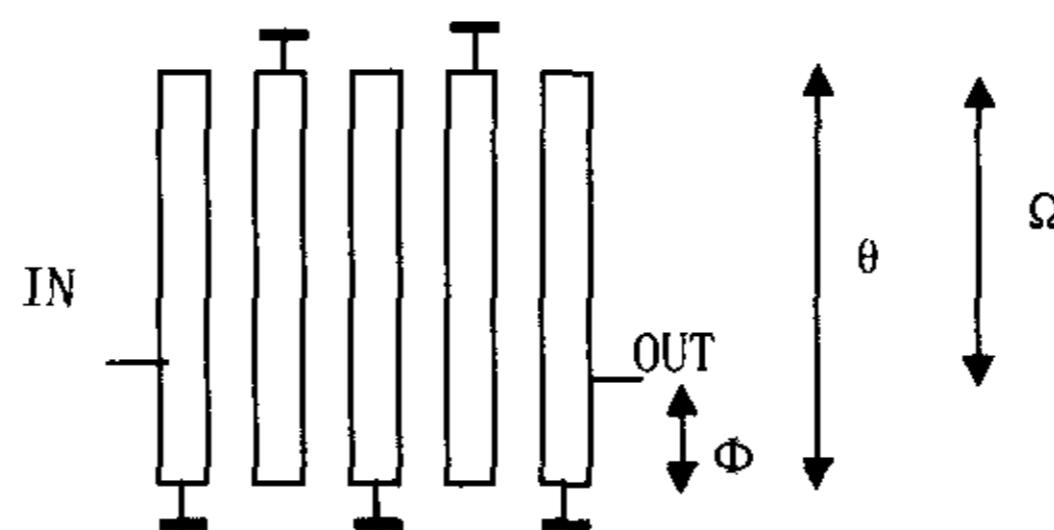
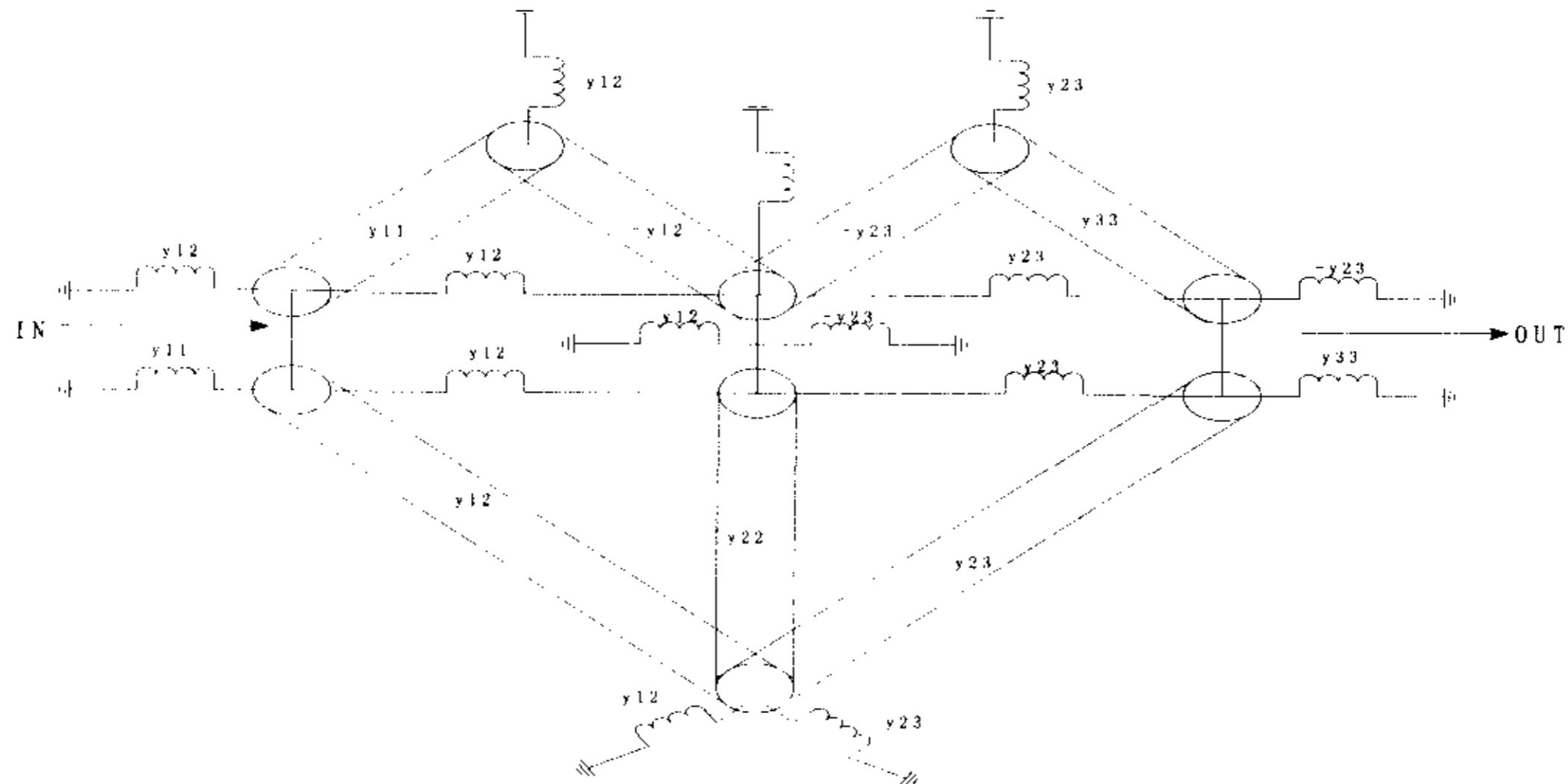


图 1 微波交指滤波器

为了便于分析，不考虑非相邻耦合线之间的耦合，用三阶交指滤波器做为例子。等效电路见图 2。文献[1]给出了交指滤波器的设计公式。



当用介电常数为 2.65 聚四氟乙稀印制电路板制做带状线形式交指滤波器时,为了获得高 Q 值,单线阻抗往往取  $70\Omega$ ,而输入输出阻抗是  $50\Omega$ ,输入输出抽头处形成一个 T 形结。交指滤波器的短路端是靠过孔接地来实现。在实际设计交指滤波器时如果不考虑 T 形结和过孔接地以及传输线开路端带来的影响,实际结果与设计结果相差很大。

## 2.2 带状线 T 型结的等效电路

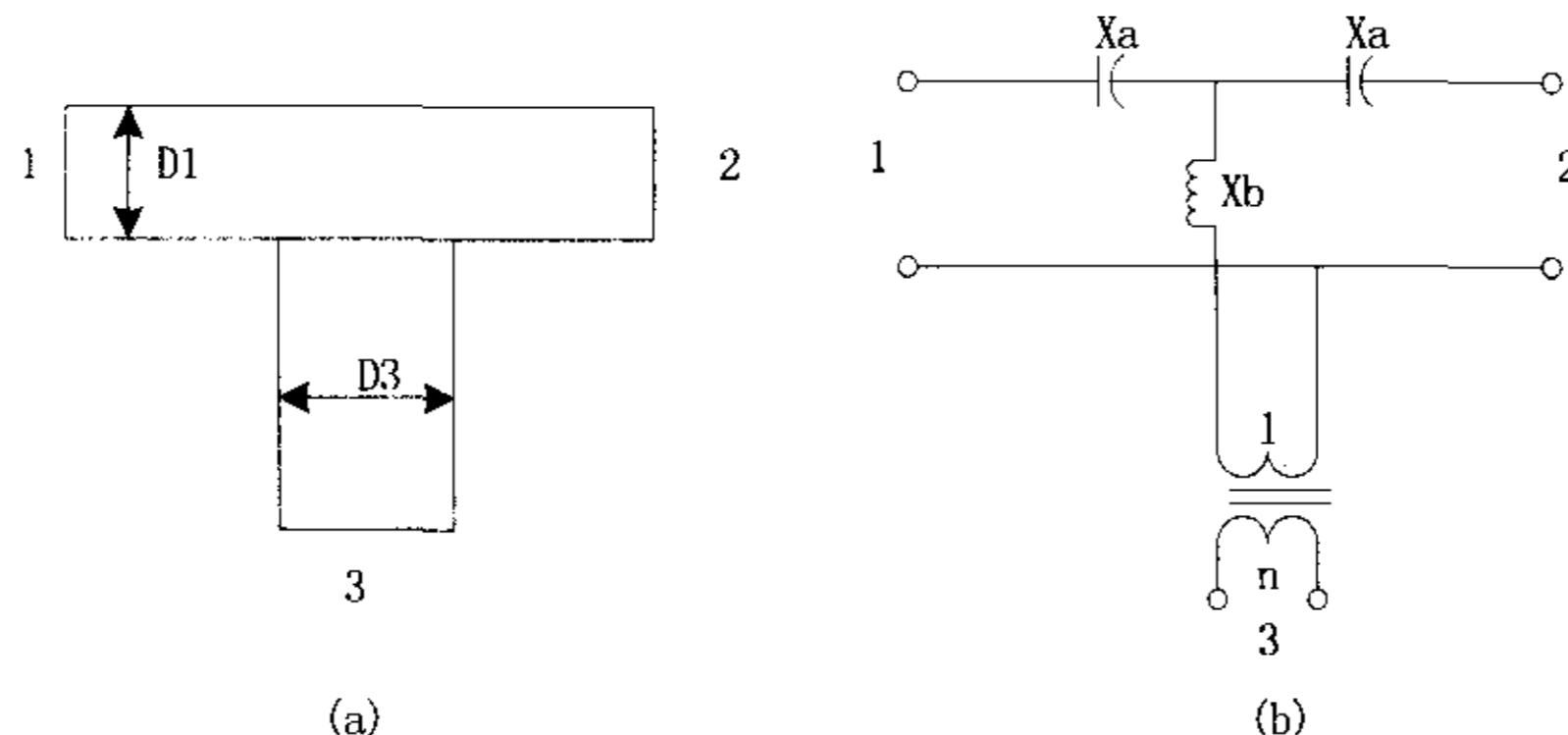


图 3 T 型结及等效电路

等效电路中各参数由下述公式计算:

$$\overline{X_a} = \frac{X_a}{Z_1} = -\frac{D3^2}{\lambda_g D1} (0.785n)^2 \dots (1)$$

$$\overline{X_b} = \frac{X_b}{Z_1} = -\frac{\overline{X_a}}{2} + \frac{1}{n^2} \left\{ \frac{B_d}{Y_{01}} + \frac{2D1}{\lambda_g} \left[ \ln 2 + \frac{\pi D3}{6D1} + \frac{3}{2} \left( \frac{D1}{\lambda_g} \right)^2 \right] \right\} \dots D3/D1 < 0.5 \dots (2)$$

$$\overline{Xb} = \frac{Xb}{Z1} = -\frac{\overline{xa}}{2} + \frac{2D1}{\lambda_g n^2} \left[ \ln \frac{1.43D1}{D3} + 2 \left( \frac{D1}{\lambda_g} \right)^2 \right] \dots D3/D1 > 0.5 \dots (3)$$

$$\text{式中: } n = \frac{\sin \left( \frac{\pi D3}{\lambda_g} \right)}{\frac{\pi D3}{\lambda_g}} \dots (4)$$

$$\frac{B_d}{2Y_{01}} = \frac{2D1}{\lambda_g} \left[ \ln \csc \left( \frac{\pi D3}{2D1} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{D1}{\lambda_g} \right)^2 \cos^4 \left( \frac{\pi D3}{2D1} \right) \right] \dots (5)$$

### 2.3 过孔的等效电路

过孔等效为电感接地，由于计算上比较复杂，这里就只给出电路的等效形式，最终参数用微波 CAD 工具来计算。

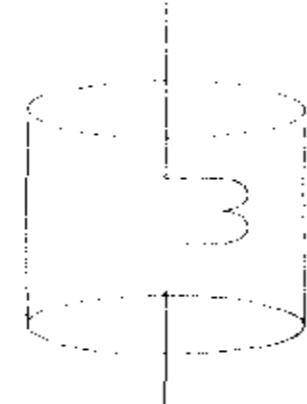


图 4 过孔等效电路

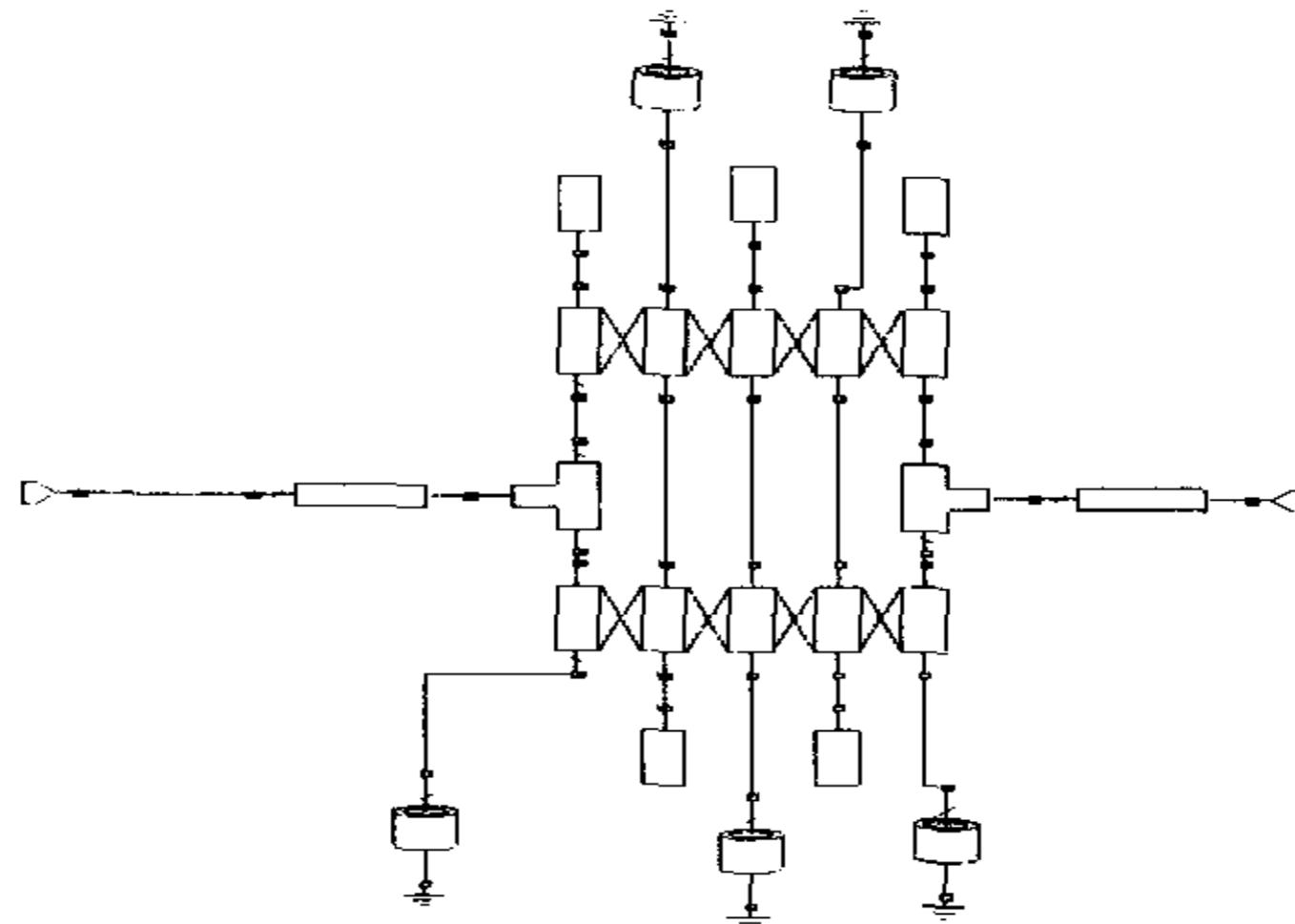
### 2.4 开路影响

开路端等效一个电容，引起实际的谐振器长度缩短，对带状线而言，开路线缩短  $0.165B$ (介质厚度)。

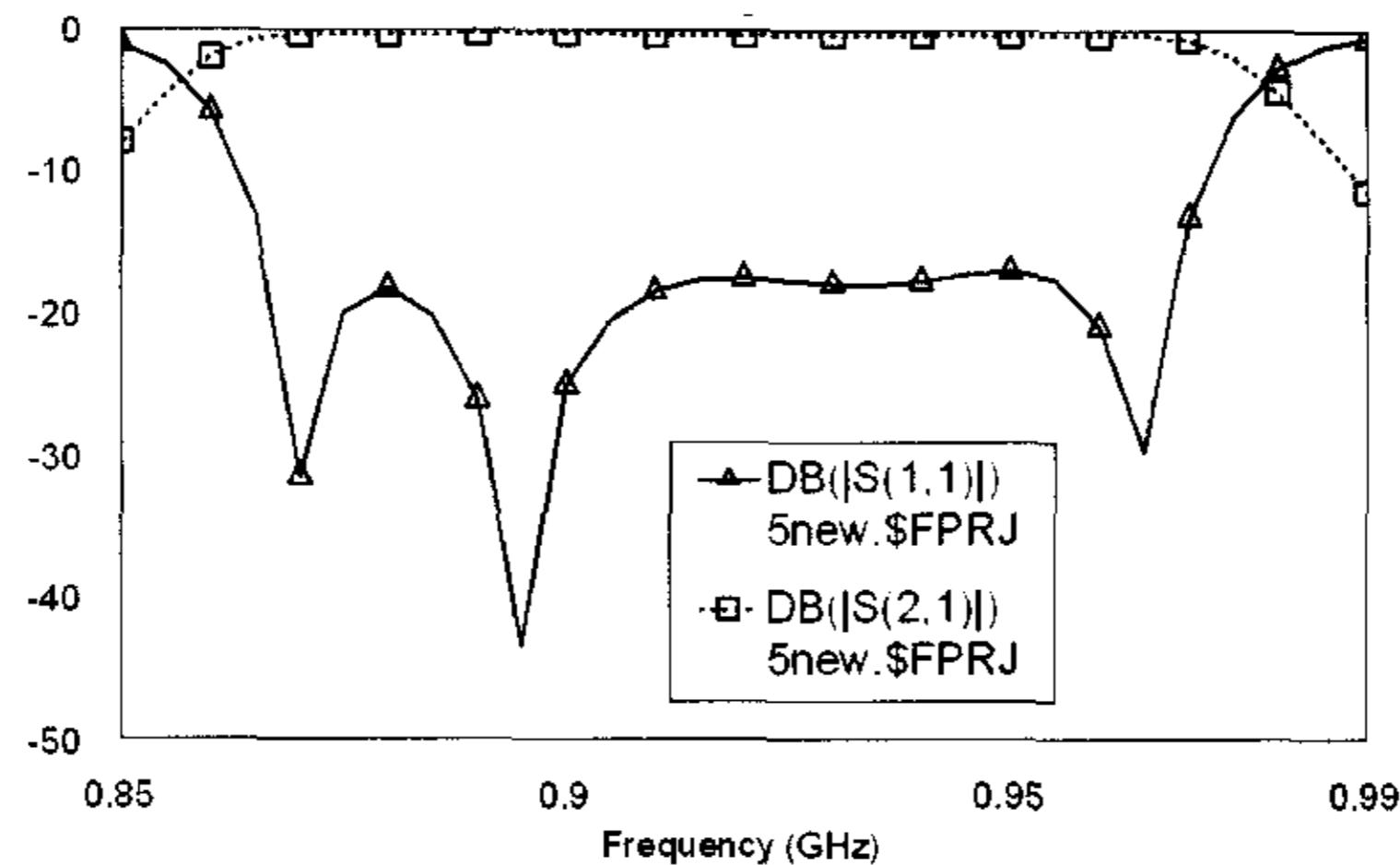
将 2.2、2.3、和 2.4 中等效电路一起考虑到 2.1 的等效电路中，根据所要求的滤波器指标就可以综合出电路参数。但是由于电路的形式比较复杂，推导过程过于繁琐，不易得到所需的参数。可以利用现成的 CAD 工具微波 OFFICE 对其进行综合。

### 3. 利用微波 OFFICE 设计仿真

设计一个五阶带通滤波器，通带频率是  $895\sim960\text{MHz}$ 。将前面讨论的精确等效电路模型，输入到微波 OFFICE 中。利用文献[1]中公式计算出初始的电路参数，然后用微波 OFFICE 中优化器找出电路的最佳参数。



为了获得一次设计成功,最后用微波 OFFICE 中二维电磁场计算工具 EM 软件对实际的印制电路图进行仿真,仿真结果见图 6。仿真结果与设计预期比较吻合。



#### 4. 结论

本文给出了交指滤波器精确等效电路,并根据该等效电路利用微波 CAD 软件设计了五阶交指滤波器。实际制做的滤波器测试结果与微波 CAD 仿真结果基本一致,不需要进行调整。说明了运用该等效电路进行一次性设计是完全可行的。

#### 参考文献

- [1] SHIMON CASPI “Design of Combline and Intergigital Filter with Tapped-line Input” IEEE MTT-1998.
- [2] K.C.Gupta “COMPUTER AIDED DESIGN OF MICROWAVE CIRCUITS” ARTECH HOUSE, 1981.
- [3] “MWO USER GUIDE” 2003 Applied Wave Research.

## 微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养，是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题，有资深工程师领衔主讲，课程既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，设计原理和设计仿真实践相结合，向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



### 微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频，专家授课，中文讲解，直观易学；既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

### 更多专业培训课程：

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>