

# 基于 HMC435MS8GE 的单刀双掷微波开关设计

王 晴<sup>1</sup>, 刘忠健<sup>2</sup>, 孟 亮<sup>1</sup>, 王彤威<sup>1</sup>

(1. 北京航天测控技术有限公司, 北京 100041; 2. 解放军驻航天二院中心军事代表室, 北京 100854)

**摘要:** 针对传统微波开关设计和调试困难, 且工作频带极窄不可调, 应用范围极其受限, 提出了一种基于 HMC435MS8GE 芯片的单刀双掷微波开关设计方法, 该方法采用 HMC435MS8GE 开关芯片作为信号通道控制核心, 并配置腔体滤波器对输出信号进行滤波, 整个产品设计在一个封闭结构内, 确保了信号的传输完好性, 该设计在降低设计难度的同时, 提高了频率的使用范围, 极大地降低了调试成本, 试验表明该新型微波开关设计简单、使用方便且导通损耗小, 关断隔离度好, 克服了传统开关的缺点, 满足实际工程应用, 并具有很好的推广价值。

**关键词:** 腔体; 滤波器; 单刀双掷; 微波; 开关

## Design of SPDT Microwave Switch Based on HMC435MS8GE

Wang Qing<sup>1</sup>, Liu Zhongjian<sup>2</sup>, Meng Liang<sup>1</sup>, Wang Tongwei<sup>1</sup>

(1. Beijing Aerospace Measurement & Control Technology Co., LTD., Beijing 100041, China;

2. Liberation Army Military Representative Office in Second Aerospace Academy Center, Beijing 100854, China)

**Abstract:** According to the design and debugging of the traditional microwave switch is difficult, and very narrow frequency band is not adjustable, the scope of application is extremely limited, proposes a design method of SPDT microwave switch based on HMC435MS8GE chip, the method adopts HMC435MS8GE chip as the core control switch signal channel, and configure the cavity filter to filter the output signal, the entire product design in a closed structure, to ensure the integrity of the signal transmission, the design reduces the design difficulty and improve the using range of frequency, greatly reduces the cost of debugging, experiments show that the new microwave switch has the advantages of simple design, convenient use and low conduction loss, turn off good isolation, to overcome the traditional switch shortcomings, meet the actual engineering application, and has good popularization value.

**Keywords:** cavity; filter; SPDT; microwave; switch

## 0 引言

近几年来, 随着相控阵雷达、微波数字通信、卫星通信以及微波测量等技术的发展, 出现了大量的微波控制电路, 例如微波开关, 微波开关在微波系统中有着广泛的用途, 如时分多工器、时分通道选择、脉冲调制、收发开关、波束调整等。微波开关常用的指标是接通损耗, 关断损耗, 频带和功率<sup>[1]</sup>。

传统的单刀双掷 (SPDT) 微波开关设计方法是利用微波开关器件如铁氧体、PIN 管、FET 或 BJT 进行微波开关电路设计<sup>[2]</sup>, 采用此方法进行微波开关电路设计的缺点是, 设计难度大、调试难度大且对工艺要求较高, 同时, 传统设计方法与波长有关, 对频率有较强的选择性, 工作频带很窄, 若需扩展工作频带, 则传统设计方法无法胜任。因此在实际应用中, 研制一种设计方法简单、调试容易且频带可调的微波开关则显得尤为重要。

针对微波开关传统设计方法天生的缺陷, 本文提出了一种基于 HMC435MS8GE 的 SPDT 微波开关设计方法, 该方法将微波开关的设计划分为两部分, 开关电路和滤波器部分, 开关部分本身没有带宽限制, 只负责信号通断控制, 滤波器负责对输出的微波信号进行滤波, 由于涉及两路信号, 因此设计两个滤波器完成滤波, 同时为了获得较低的接通损耗, 滤波器采用

腔体结构设计。

## 1 设计框架

微波开关由开关电路和滤波器两部分组成, 如图 1 所示。

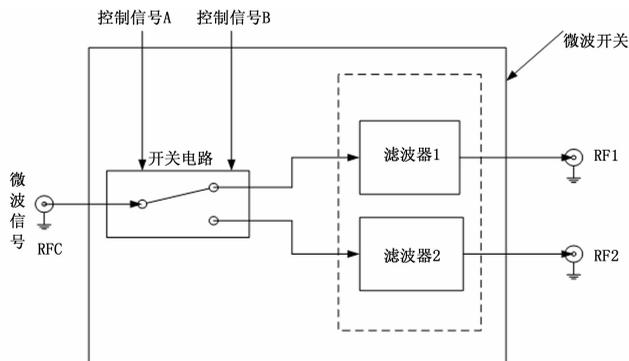


图 1 微波开关电路设计框架

开关电路在控制信号 A 和控制信号 B 的作用下对输入的微波信号进行路径选择, 使其从开关电路的其中一个通道输出, 另一个通道没有信号输出。开关电路输出的微波信号进入滤波器 1 或 2, 经相应滤波后, 从输出端口输出。

微波开关外形图如图 2 所示。

### 1.1 开关电路的设计

开关电路的主要作用是根据输入的直流控制信号, 对输入的微波信号进行路径选择, 为了简化设计难度和调试难度, 开关电路选用 HITITE 公司生产的 HMC435MS8GE 开关芯片

收稿日期: 2015-10-07; 修回日期: 2016-03-22。

作者简介: 王 晴 (1984-), 女, 北京人, 硕士, 工程师, 主要从事自动控制方向的研究。

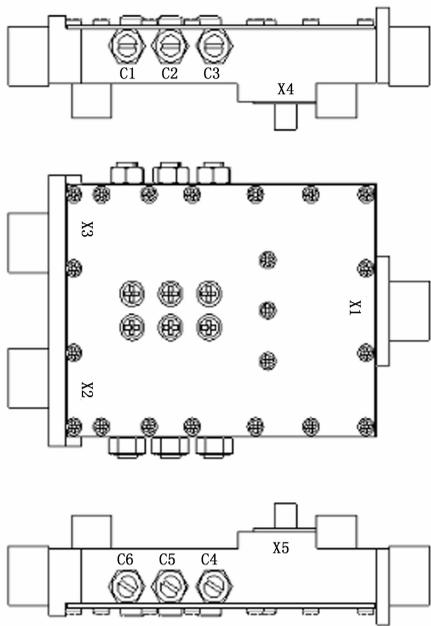


图 2 微波开关外形图

作为主芯片进行设计，该芯片工作带宽为 DC~4GHz，且无需电源供电，属于无源芯片，控制端的电压为 0+5 V，两个控制端 A、B 根据不同的电压组合来选择不同的路径。开关电路的设计如图 3 所示。

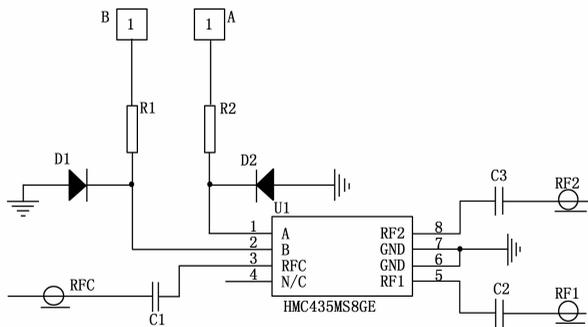


图 3 开关电路设计图

图中 RFC 为输入信号，RF1 和 RF2 为输出信号，A、B 为控制输入端，C1、C2、C3 分别为端口隔直电容，R1、R2 为保护电阻，D1、D2 为端口保护二极管，目的是防止控制信号出现负电压对芯片造成毁坏。

开关芯片 HMC435MS8GE 的信号通断真值表 1。

表 1 HMC435MS8GE 信号通断真值表

控制输入		信号通路状态
A	B	RFC to:
0V	5V	RF1
5V	0V	RF2

当控制端 A 输入 0 V，控制端 B 输入 5 V 时，开关通路为 RFC 到 RF1；当控制端 A 输入 5 V，控制端 B 输入 0 V 时，开关通路为 RFC 到 RF2；其余控制状态为无效状态。

### 1.2 滤波器的设计

滤波器设计为带通滤波器<sup>[3]</sup>，作用是对开关电路输出的信号进行频率选择。为节省空间并便于工程实现，两个滤波器均采用梳状线结构，来实现窄带带通滤波器的功能。每个滤波器由 3 个 TEM 模谐振杆构成<sup>[4]</sup>。各相邻谐振杆的同一端均被短路，而另一端经过一集总电容接地，该集总电容容值大小可通过调谐螺钉进行调节。图 4 为滤波器内部结构示意图。

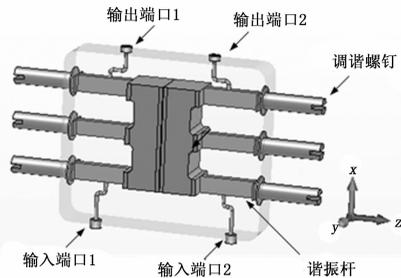


图 4 滤波器内部结构示意图

设计时通过梳状线滤波器结构计算耦合系数，确定谐振杆导体间距和腔体尺寸。为减小体积，在梳状线滤波器各谐振器顶端设置调谐螺钉，调试时通过调谐螺钉深度来调节电容值大小，实现调谐通带中心频率  $f_0$ 。

### 2 微波开关仿真验证

通过仿真，得到微波开关两个通路的 S 参数及曲线，其中  $f_0$  为滤波器中心频率，S21 为 1 通路曲线，S31 为 2 通路曲线，通过对 1 通路导通状态进行仿真的曲线如图 5 所示。

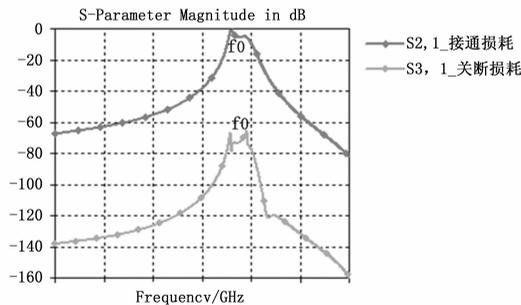


图 5 开关电路仿真曲线

图 5 是对 1 通路接通状态进行仿真的曲线，此时 2 通路对应为关断状态，通过曲线可以看出，1 通路中心频点  $f_0$  处接通损耗  $S_{21}$  为 -1.5 dB，此时 2 通路中心频点  $f_0$  关断隔离度  $S_{31}$  为 -72 dB，功能指标和性能指标均满足设计要求。

### 3 试验验证

为了验证微波开关的性能，选用 S 波段信号对其进行试验。由于 SPDT 微波开关的两个通路总是处在一路导通，另一路关断的状态。因此对于特定频点，微波开关的主要指标即为导通损耗和关断隔离度。为方便测试，对微波开关的两个滤波器均设定了固定频率特性。表 2 和表 3 分别列出了在 S 波段不同频点下微波开关不同导通状态的试验数据。

表 2 为 RF1 导通时的相关指标，即微波开关控制端 A 加 0 V，控制端 B 加 5 V 时的测试指标，此时对应 RFC 到 RF1 为导通，RFC 到 RF2 为关断，因此测试的是 RFC 到 RF1 的导通

损耗, RFC 到 RF2 的关断隔离度。

表 2 微波开关在 RF1 导通时的相关指标

频段	频点	指标	
		导通损耗(RFC to RF1)	关断隔离度(RFC to RF2)
S 波段	F1	1.2dB	37.2dB
	F2	1.3dB	39.1dB
	F3	1.0dB	37.4dB
	F4	4.1dB	41.2dB

注: 定义 RFC 为输入, RF1 和 RF2 为输出, 下同。

表 3 微波开关在 RF2 导通时的相关指标

频段	频点	指标	
		导通损耗(RFC to RF2)	关断隔离度(RFC to RF1)
S 波段	F1	1.3dB	39.3dB
	F2	1.4dB	37.4dB
	F3	1.1dB	36.3dB
	F4	4.2dB	42.4dB

表 3 为 RF2 导通时的相关指标, 即微波开关控制端 A 加 5 V, 控制端 B 加 0 V 时的测试指标, 此时对应 RFC 到 RF2 为导通, RFC 到 RF1 为关断, 因此测试的是 RFC 到 RF2 的导通损耗, RFC 到 RF1 的关断隔离度。

在测试的 4 个频点中, 其中 F1、F2、F3 均在滤波器带宽

(上接第 262 页)

大的缝隙。其中, 比较容易判别错误的单麻将有一二三万、二、三九筒、花色牌以及六九条。

表 4 麻将包装错判统计表

序号	模板类型	累计错判个数	错判率/%
1	“万”模板	13	1.3
2	“筒”模板	21	2.1
3	“条”模板	9	0.9
4	“风”模板	15	1.5
5	“万”“筒”模板	29	2.9
6	“条”“风”模板	21	2.1
7	“万”“条”模板	19	1.9
8	“筒”“风”模板	32	3.2
9	“万”“风”模板	25	2.5
10	“条”“筒”模板	28	2.8

## 5 结束语

本文结合麻将包装产线上的实际需求, 设计了一套基于 DSP 平台的棋牌识别处理系统, 先后介绍了该系统的硬件和软件系统, 提出了基于图像分割的模板录入算法和基于 SAD 匹配的模板识别算法, 并通过大量实验验证了该算法的精确度。系统测试结果表明, 在正常情况下, 模板匹配算法的准确率达 95% 以上, 算法稳定性和适应性较好, 基本能满足生产线上的缺陷检测。但是, 算法对于光源的选择和打光方式仍有一定的局限性, 后续会根据实际包装产线上的反馈, 对光源的处理做一定的优化和改进。

### 参考文献:

[1] 贺超英, 张 辉. 基于机器视觉的罐盖质量检测系统设计 [J]. 仪

内, F4 则在滤波器带外, 因此会出现频点 F4 的导通损耗大于其余 3 个频点的现象。对于微波开关中的滤波器, 则可以通过调节螺钉, 对其中心频率在一定范围内进行平移, 以满足不同场合的需求。

## 4 结束语

文中对基于 HMC435MS8GE 的 SPDT 微波开关的基本原理、设计方法, 进行了较详细的介绍, 并通过仿真验证了设计的可行性。实验结果表明, 该微波开关导通损耗和关断隔离度均满足实际要求, 且相应通道的滤波器, 其带宽、插损和带外抑制等指标均达到要求。目前该 SPDT 微波开关已经成功应用于某型雷达接收机系统中。

### 参考文献:

[1] 雷振亚, 等. 微波工程导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.  
 [2] 刘斐珂, 文光俊, 庞 宏, 等. 单片微波开关技术及研究进展 [A]. 中国通信学会第五届学术年会论文集 [C]. 2008. 591 - 600.  
 [3] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础 (第三版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.  
 [4] 刘 健. 腔体式带通滤波器的研究与设计 [D]. 西安: 西安科技大学, 2011.  
 表技术与传感器, 2011, 28 (2): 85 - 87.  
 [2] 代 宁, 刘知贵, 李众立, 等. 基于机器视觉的针织物智能拉密仪的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (6): 1504 - 1506.  
 [3] 张晓琳, 毛建旭, 龚权华, 等. 软袋组合盖质量视觉检测系统研究 [J]. 计算机工程与应用, 2015, 51 (2): 236 - 240.  
 [4] Chen W, Kuo Do, Tung C. Mahjong image recognition scheme using Fourier transform technique [A]. Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2012 7th IEEE Conference on [C]. IEEE, 2012: 1339 - 1342.  
 [5] 龚泽攀, 陈陇敏, 颜洪胜, 等. 可应用于动物实验的人工视觉系统 [J]. 计算机工程与设计, 2015, 36 (4): 930 - 936.  
 [6] Zhu H, Lei J, Tian X. A pattern recognition system based on computer vision-The method of Chinese chess recognition [A]. 2008 IEEE International Conference on Granular Computing [C]. 2008: 865 - 868.  
 [7] Chen W. Chinese-Chess Image Recognition by using Feature Comparison Techniques [J]. Appl. Math, 2014, 8 (5): 2443 - 2453.  
 [8] Wu G, Tao J. Chinese chess recognition algorithm based on computer vision [A]. Control and Decision Conference (2014 CCDC), The 26th Chinese [C]. IEEE, 2014: 3375 - 3379.  
 [9] Wang H, Shi M. Recognizing chessboard and positioning chessboard in Chinese chess game system [A]. Communication Systems and Network Technologies (CSNT), 2014 Fourth International Conference on [C]. IEEE, 2014: 1182 - 1186.  
 [10] 党向盈, 鲍 蓉, 姜代红. 基于多方向梯度边缘预测器快速边缘检测算法 [J]. 计算机应用, 2013, 33 (3): 674 - 676.  
 [11] Fang J. A Machine vision system for Chinese chess-playing robot [M]. Mechanical Engineering and Technology [M]. Springer Berlin Heidelberg, 2012: 379 - 385.  
 [12] 梁 柱, 李大海, 王琼华, 等. 彩色像对的邻域边界差值模板匹配算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2009, 45 (33): 147 - 148.  
 [13] 孙志华, 常丹华, 张余敬, 等. 基于方向性多模板的快速运动估计算法 [J]. 计算机工程, 2010, 36 (17): 223 - 225.