

GPS 信号发射装置上变频器电磁兼容设计

庄信武, 余志勇

(西安高技术研究所, 陕西 西安 710025)

摘要:利用电磁兼容设计方法通过对特性阻抗、微孔、布局布线、电源模块、接地等技术的研究,进行了 GPS 上变频器的设计。实验测试结果证明,其输出信号抗噪声能力比没有经过电磁兼容设计产品高 15 dB,从而使产品更具有可靠性。

关键词:电磁兼容;上变频器;特性阻抗

中图分类号:TN99

文献标识码:B

The EMC design of up-converter for GPS sign electropult

ZHUANG Xin Wu, YU Zhi Yong

(The Xi'an High-tech Institute, Xi'an 710025, China)

Abstract: In the paper, we make better use of EMC method to research and design the characteristic impedance, micro via, layout, power model and grounding. It is proved that the product is more credible through the test, the anti-jamming ability of output sign is 15 dB higher than that of no EMC design.

Key words: electromagnetic compatibility; up-converter; characteristic impedance

GPS 上的变频器完成 GPS 基带信号到载波信号之间的变频,是连接基带信号和载波信号之间的桥梁。其抗干扰能力及变频质量的好坏直接影响到终端的性能。采用传统方法已经不适应于高频设计,基于此本文利用电磁兼容设计方法对 GPS 上变频器进行设计,以改善它的性能,提高抗干扰能力。

1 上变频器 EMC 设计

上变频部分由前端放大器、频率合成器、本地振荡器、滤波器及功放电路组成,其结构如图 1 所示。

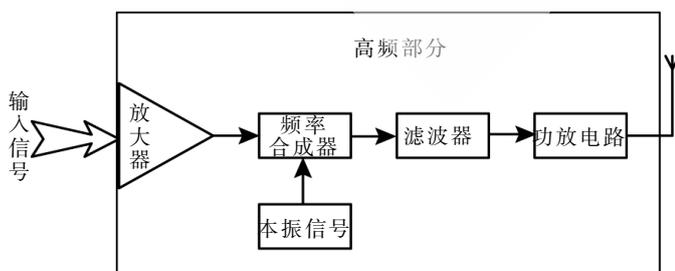


图 1 上变频方块图

其特点是芯片集成度高、体积小、电路的布局布线密度大、多种信号共存、易受干扰等。对于高频部分不能采

用传统设计方法,需仔细分析电路的特性,对关键信号先仿真后布线,对关键部分进行电磁兼容性研究。文章对主要上变频部分的特性阻抗、微孔、电源模块、接地等进行电磁兼容(EMC)性设计。

1.1 特性阻抗匹配

在设计 PCB 射频板之前,要选好板材、匹配特性阻抗、关键信号的线宽仿真计算、各个信号层的设置等。

首先确定层数及各层顺序。本设计采用四层板,如图 2 所示,由上至下依次为信号层、地层、电源控制线层和地层。而常规四层板设计方法为:由上至下依次是信号层、地层、电源层、信号层。但本设计采用不同于常规的方案,主要考虑到电磁兼容性问题。因为这样把电源和控制线放在两地层中间,无形中两个地层就对它们进行了屏蔽,减少了电磁波对射频传输线的串扰影响;再者,为射频信号提供完整的地层,这样在趋肤效应作用下,降低了



图 2 信号层图

《微型机与应用》2009 年第 20 期

应用奇葩

Example of Application

地层的阻抗。

其次确定介电常数。信号在高速传输中，导线表面附近的电流密度加大，而中心部分的电流密度减少，趋肤效应使得高频信号衰减增大^[1]，即信号沿着导体表面传输，使得阻抗提高。如果按照传统的方法，不对信号进行特性阻抗匹配，就可能会引起信号遇到终端而反射回来叠加到原始信号电平上，或从原始信号电平中扣除，最终甚至无法使系统正常运行和工作^[2]。匹配传输线的使用可以使得数字和模拟信号在很长距离上互连接，而不致于它们波形严重失真，不会闭合它们的眼孔（图形）而造成严重的发射问题或者形成很差的抗扰度^[2]。很多 RF 芯片的输入输出阻抗，以及射频通信电缆的特性阻抗值都是 50 Ω，基于此，需要把射频板射频传输线特性阻抗尽量接近 50 Ω，以符合标准通信的要求。在传输线理论中，表面微带线 IPC 计算公式如下：

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \frac{5.98h}{0.8w + t} \quad (\Omega) \quad (1)$$

式中， ϵ_r 是板材的介电常数， t 为走线铜箔的厚度， w 为走线的宽度， h 为介电高度，即走线下表面到参考平面的距离。

本设计中，首先选择射频板材 RF-35，其介电常数 ϵ_r 在 1.9 GHz 下为 3.5 ± 0.035 。考虑到性价比，设计走线铜箔厚度为 $t=1.35$ mm，层间板材高度 $h=10$ mm，走线宽度 $w=20$ mm，经计算得到特性阻抗 $Z_0=50$ Ω，符合射频特性阻抗的要求。

1.2 微孔的设计

通常微孔可分为 3 类，即盲孔、埋孔和通孔。盲孔位于印刷线路板的顶层和底层表面，具有一定深度，用于表层线路和下面的内层线路的连接，孔的深度通过不超过一定的比率（孔径）。埋孔是指位于印刷线路板内层的连接孔，它不会延伸到线路的表面。上述两类孔，在线路印制过程中比通孔昂贵，本设计采用通孔（孔穿过整个线路板）技术，连接不同层的线路，通孔直径为 12 mm。通孔焊盘直径为 25 mm，地平面绝缘孔直径为 35 mm，印刷板厚度为 35.4 mm。每个过孔都有对地的寄生电容。过孔的物理结构很小，就像电路连接一个元件，其寄生电容参考值^[3]为：

$$C = \frac{1.41\epsilon_r T D_1}{D_2 - D_1} \quad (2)$$

式中， D_2 为地平面的绝缘孔直径， D_1 为通孔周围的焊盘直径， T 为印刷电路板的厚度， C 为通孔的寄生电容。

通过式 (2) 可求得该设计的通孔寄生电容为 0.43 pF，对 10 MHz 时钟信号上升沿，利用 HyperLynx 进行仿真，结果如图 3 所示，较平稳曲线为源端的信号曲线，另一曲线为接收端的信号曲线，其中接收端的最大过冲电压为 128.6 mV，过冲比率为：

$$\frac{128.6 \text{ mV}}{3.3 \text{ V}} = 3.8\%$$

《微型机与应用》2009 年第 20 期

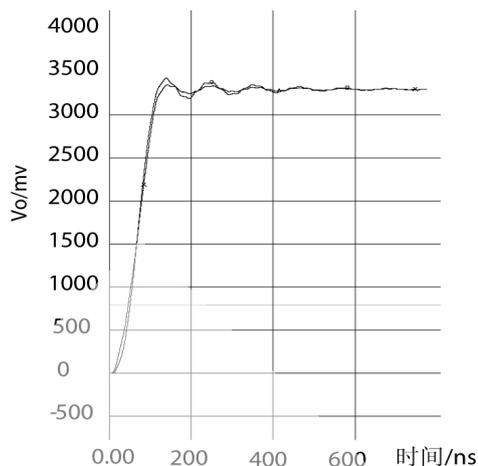


图 3 微孔对 10 MHz 时钟上升沿仿真图

影响很小，可用于时钟过孔走线。

1.3 布局布线设计

在同一个屏蔽腔内布局时，如果空间允许尽量采用“一”字形布局；如果空间确实受到限制，在同一个屏蔽腔内不能采用“一”字形布局，要采用“L”形布局^[4-5]。

频率合成器中的数据线、时钟线、使能线在射频 PCB 中，是关键信号线，走线除了应该遵守数字 PCB 设计规则外，还要注意以下几点：

- (1) 增加隔离措施，保证数据、时钟、使能线上没有其他信号存在。从屏蔽腔外部接到 PCB 的数据、时钟、时能线，要经过安装在屏蔽上的穿心电容。另一种简单的方法是在数据、时钟、时能线上加 RC 低通滤波器，R、C 的选值需保证正确的时钟时序，防止时钟的过冲。
- (2) 数据、时钟、使能线不能在数字频率合成器芯片、晶体、晶体振荡器、变压器、光耦、电源模块等器件底部表面层走线。
- (3) 数据、时钟、使能线避免与同一层或相邻的模拟信号线交叉走线。
- (4) 对高频走线尽量走弧线，使阻抗均匀。
- (5) 射频信号走线采用 3W 原则。

1.4 接地

关于接地在前面已经说明一些，这里再需要补充的还有：

- (1) 在工艺允许的前提下，缩短焊盘边缘与过孔边缘的距离；
- (2) 在工艺允许的前提下，接地大焊盘必须直接盖在至少 6 个接地过孔上；
- (3) 接地线需要走一定的距离时，应缩短接地线长度，不能超过 $\lambda/20$ ，以防止天线效应导致信号辐射；
- (4) 除特殊用途外，不得有孤立铜皮，铜皮上一定要加地线过孔。

1.5 电源模块设计

电源在电路中的作用如同心脏在人体中的作用一样，

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 79

应用奇葩

Example of Application

关系到整个电路的“命脉”，所以电源设计部分是关键。典型电源设计都是在电源芯片电源端并接两个电容，一个是容量较大的极性电解电容，另一个是较小的陶瓷电容，分别承担着低频、高频交流成分滤波的任务。但是在射频电路中这样是不够的，需要在把数字地和模拟地，模拟电源和数字电源分开，中间用磁珠连接。电源模块原理如图4所示。

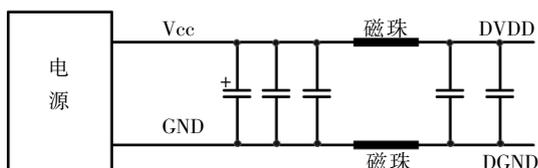


图4 电源模块原理图

中间连接 EMI 加磁珠，用于抑制信号线、电源线上的噪声和尖峰干扰，它同时具有吸收静电脉冲能力，这种滤波器只允许直流或低频信号通过，而对较高频率干扰信号则有很大的衰减，使电子设备达到电磁兼容和静电释放的功能。图4电源模块原理图采用3个电容并联，这3个电容的容量相差100倍。利用它们各自的优点分别滤除电源线上的低、中、高频。该模块信号频率高于1GHz时，还要增加10pF滤波电容^[6]。

在PCB印制板中，把电源的模拟部分和数字部分用分割形式完全隔开，其原理如图5所示。

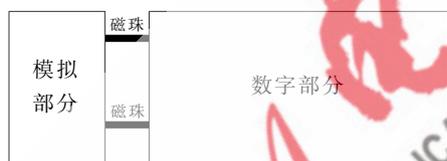


图5 PCB电源分割模块图

在本设计中，为区别与传统的总线方法，采用位面，电流不受线路控制，分布在整个层面上。由于整体阻抗小，电源位面系统比总线系统的噪声更小。

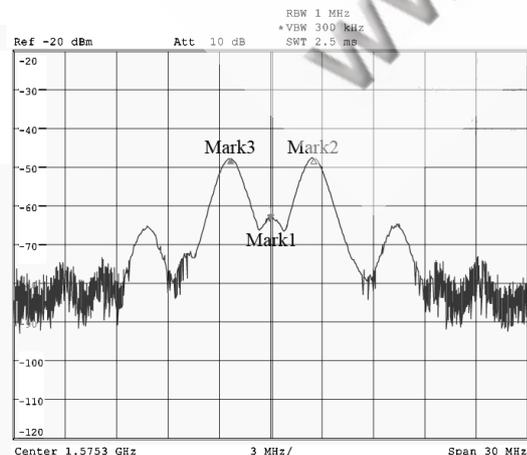


图6 R&S FSP30测试结果

2 实验测试

对输入为2.2 dB正弦信号进行测试比较，R&S FSP30频谱仪测得结果如图6所示。

其中中间峰值Mark1为本振信号，Mark2为上变频信号，Mark3为上变频镜像信号。通过图中比较可以看出上变频信号比本振信号高15.71 dB，比其他最大谐波信号高17 dB。

没有经过电磁兼容设计，测得的频谱如图7所示。

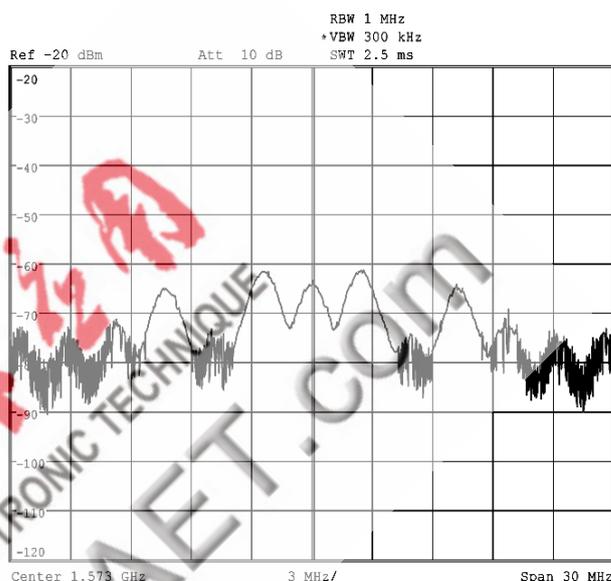


图7 没有经过电磁兼容设计产品频谱图

上变频信号比本振信号强3 dB，比其他最大谐波信号高3.2 dB。

通过实验测试，采用电磁兼容设计方法，输出信号比本振信号高出15.71 dB，与没有经过电磁兼容设计的PCB板相比，抗噪声能力超过12 dB，使系统更加可靠。为此，对GPS上变频采用电磁兼容方法设计具有重要的意义。

参考文献

- [1] 高速数字电路设计及EMC设计[EB].www.cnshu.cn,2008.
- [2] 王守三.PCB的电磁兼容设计技术、技巧和工艺[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [3] 袁子建,吴志敏,高举.高速PCB的过孔设计[J].电子工艺技术,2002,(7).
- [4] 徐暄,徐红勇,欧阳俊辉,等.印制电路板的电磁兼容问题[J].电子工艺技术,2001,(7).
- [5] STEPHEN A. The RF and microwave circuit design cook book[M].Artech House Publishers,1998.
- [6] 黄智伟.射频电路设计[M].北京:电子工业出版社,2006.

(收稿日期:2009-03-27)