

# 高速接口用大电流直流偏置器设计及在系统中应用

梁彦龙 刘晓锋 王军龙

陕西长岭迈腾电子股份有限公司 陕西 宝鸡 721000

**摘要:** 直流偏置器(偏置器)是一种三端口网络器件,三个端口分别是射频端口、直流偏置端口、射频直流端口。偏置器的主要功能是前端射频信号叠加直流分量,并不影响通过主传输通路的射频信号。设计难点是如何让叠加的直流分量不影响射频信号,主要应用在驱动双极性晶体管或者驱动放大器。

**关键词:** 直流偏置器; 射频信号; 直流叠加

## 概述

偏置器的直流端口由一个馈电电感组成,用于添加直流偏置,主要作用是在射频电路中注入直流电流或电压,同时确保不会影响主传输通路的射频信号,防止RF端口的交流信号泄露到供电系统。射频端口由一个隔直电容组成,用于输入射频信号,同时可以阻挡偏置端口的直流电压;射频端口和直流端口连接到设备,该设备可以同时传输直流偏置电压和射频信号。

偏置器通过特定的设计,使得它能够在理想条件下,DC端口不会对射频端信号造成任何影响,这样的设计使得使用一根射频电缆可以向远端同时传输直流及射频信号。尽管偏置器的原理简单,使用的器件也较少,但设计出一个好的宽带偏置器却十分困难,这涉及到阻容感等基础元器件精确建模仿真。

所以,DC偏置器在电子技术中扮演着关键角色,无论是确保射频信号与直流信号的同时传输,还是保证放大器电子元件的性能和稳定性,都离不开DC偏置的正确应用。本设计所述偏置器的典型电路如图1所示。

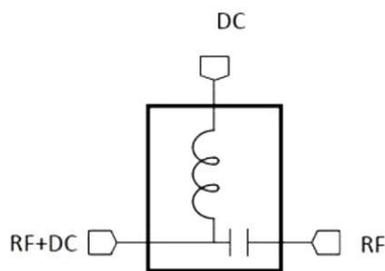


图1 偏置器电路

## 1 直流偏置器有以下几个关键参数

1.1 DC端偏置电流: 表示经过电感的电流可以承受更大的电流;

1.2 RF端与DC端的隔离度: 隔离度越高,射频信号越不容易影响到供电系统;

1.3 插入损耗: 指RF输入端和RF和直流端之间信号

衰减量;

1.4 RF带宽: 偏置器所在链路应满足规格要求的工作带宽;

1.5 回波损耗: 信号反射量与入射信号的比值,反应匹配程度。

偏置器的电感是阻止射频信号进入直流偏置路径,电容是用来将直流信号与射频信号隔离,所以必须满足直流偏置回路的高频截止频率,该频率比射频截止频率低。

射频回路的低频截止频率可由式子(1-1)得出:

$$FC,AC = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1-1)$$

其中R是射频电路中电容的总电阻。

直流偏置电路的高频截止频率可由式子(1-2)得出:

$$FC,DC = \frac{R}{2\pi L} \quad (1-2)$$

如果只是设计成窄带偏置器,一般只需要简单的LC网络即可实现,但是如果需要宽频段,则必须使用多个不同感值的电感串联方式。不同的电感值覆盖不同的频段,电感从小到大依次排列,例如,村田电子的偏置器设计手册给出的不同电感的作用<sup>[1]</sup>如图2所示。

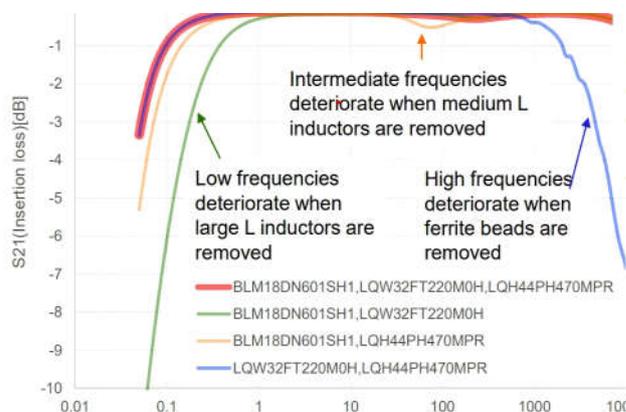


图2 电感对性能影响

多个电感串联使用时,容易因电感寄生电容的原因产生谐振从而影响射频信号,解决该问题的方法是对每

个电感并联合适阻值的电阻，另外，PCB板使用多层板时，需要把电感焊盘下的中间层地做掏空处理。

### 2 偏置器的设计实例

- 1) 频段范围：30MHz-1500MHz；
- 2) 插入损耗： $\leq 1\text{dB}$ ；
- 3) RF端口及DC端口驻波： $\leq 1.5$ ；
- 4) 偏置电压：28V；
- 5) 偏置电流：3.6A（额定）；
- 6) 隔离度： $\leq 20\text{dB}$ ；
- 7) 阻抗：50欧姆；

此偏置器起始频率高、带宽相对窄，另外考虑到偏置器后续需要和高速串行接口收发驱动电路进行集成设计和封装<sup>[2]</sup>，在设计时基于小型化设计考虑，元器件数量尽可能少，另外器件尺寸尽可能小。采用单电感方案在ADS中仿真，用以评估其性能是否能满足规格要求，仿

真电路如图3所示：

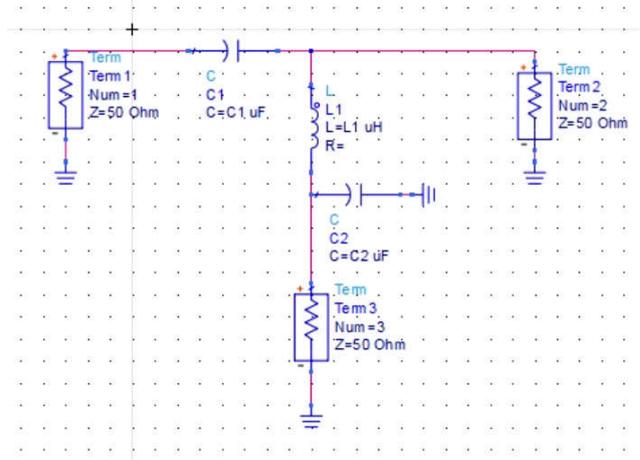


图3 偏置器仿真电路

偏置器性能仿真曲线如图4所示：

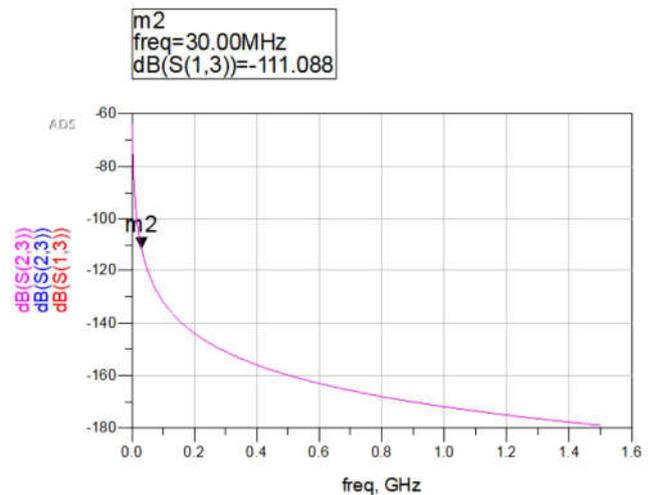
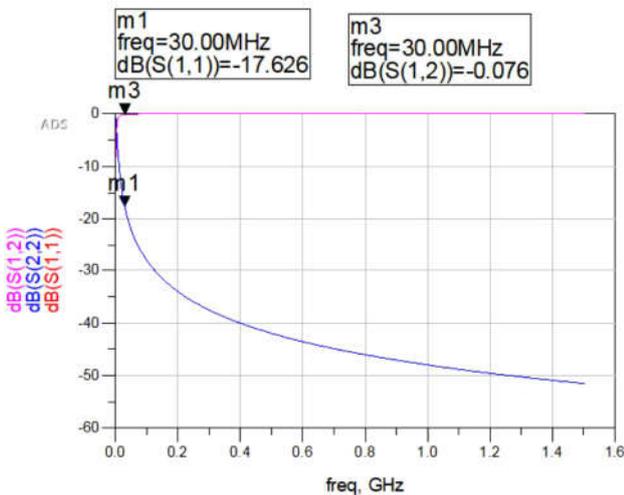


图4 偏置器电路仿真波形

从仿真数据中可以看到端口回波和隔离度满足规格要求，直流电路中增加电容C2的目的是为了改善直流端口和射频口之间的低频隔离度，使用单个小电感既满足指标要求，又能方便后续的集成封装。

电容C1和C2选用时要考虑器件的承压，因此选用的是1206封装承压100V的电容。电感L1实现时，要考虑能承受3.6A恒定电流的载流能力，同时要求其寄生参数小，因此磁芯采用铁镍材质具有高电流叠加特性的HA125-046的磁环，导线采用直径0.35mm的双线进行绕制。

电感的电容寄生参数和Q值对性能有影响，因此在测试板上对偏置器实际性能进行了摸底测试，测试结果如图5所示，从测试数据上进一步可知，在低频段测试数据与电路仿真值吻合良好，在高频段因寄生参量的影响，其高频段的端口回波与仿真偏差稍差，但在时域波形下

测试情况良好。

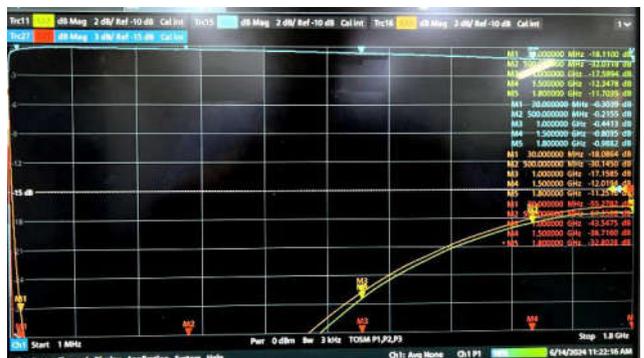


图5 偏置器s参数测试结果

### 3 偏置器在系统中的应用

在一些高速串行接口的应用中，因受板卡装备体积的影响，往往只能在发送或者链路接收的一段进行电源

设计,另一端只能进行系统寄生取电。在系统应用上,将接口组件的供电功率叠加在数据传输接口上,并通过差分双绞线电缆进行数据传输和功率传输。图6展示了一

种高速串行接口电路(1.25Gbps)中使用偏置器进行供电和受电的典型应用电路,其直流功率信号与高频数字数据信号复用。

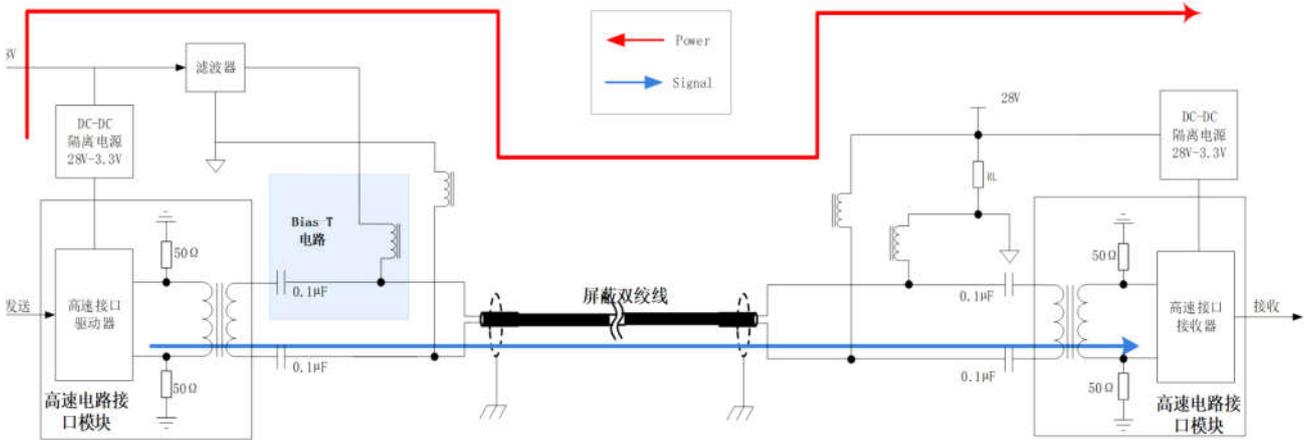
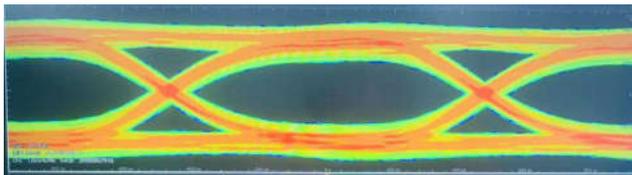


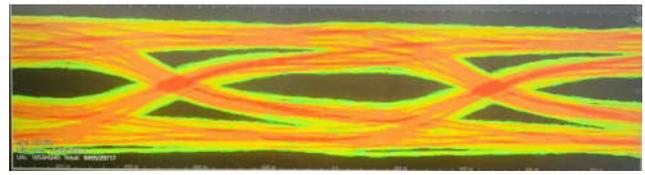
图6 偏置器在系统中应用举例

偏置器的设计需要考虑高速串行收发链路的信号完整性,所以在同感量电感的选择上,一般选择体积较小

的线绕式电感,不选择体积较大的贴片电感。本应用系统中,两种电感的高速链路波形对比如图7所示。



a) 线绕式电感链路眼图



b) 贴片电感链路眼图

图7 电感的种类选择对高速信号的影响

### 结束语

本系统设计的高速串行链路中的直流偏置器,实现了将供电功率叠加在数据传输接口上,进行单节点供电和多节点寄生受电,同时,经过对直流偏置电感器的优化设计,精简了电路中所使用电感器的数量,达到小体积的效果。基于对线绕式电感器的选取,解决了高速串行两路中的信号完整性问题,具有较广泛的使用推广意义。

### 参考文献

[1]Murata Manufacturing Co.,Ltd. Bias-T Inductor Design Support Tool Operation Manual[OL].08 May 2020.

[2]陈超,陈柯安,练晓娟,温新军.一种高宽带集成内部参考信号的直接偏置器[P].中国专利,CN202221982400.3,2023-01-06.