

基于射频开关模块功能电路 PCB 板的设计

随着现代无线通信系统的发展,移动通信、雷达、卫星通信等通信系统对收发切换开关的开关速度、功率容量、集成性等方面有了更高的要求,因此研究 VXI 总线技术,开发满足军方特殊要求的 VXI 总线模块,具有十分重要的意义,我们将利用虚拟仪器思想,将硬件电路以软件的方式实现,以下设计的射频开关可以由计算机直接控制,可以很方便地与 VXI 总线测试系统集成,最大限度的发挥计算机和微电子技术在当今测试领域中的应用,具有广阔的发展前景。

1 VXI 总线接口电路的设计与实现

VXIbus 是 VMEbus 在仪器领域的扩展,是计算机操纵的模块化自动仪器系统。它依靠有效的标准化,采用模块化的方式,实现了系列化、通用化以及 VXIbus 仪器的互换性和互操作性,其开放的体系结构和 Plug&Play 方式完全符合信息产品的要求。它具有高速数据传输、结构紧凑、配置灵活、电磁兼容性好等优点,因此系统组建和使用非常方便,应用也越来越广泛,已逐渐成为高性能测试系统集成的首选总线。

VXI 总线是一种完全开放的、适用于各仪器生产厂家的模块化仪器背板总线规范。VXI 总线器件主要分为:寄存器基器件、消息基器件和存储器基器件。目前寄存器基器件在应用中所占比例最大(约 70%)。VXIbus 寄存器基接口电路主要包括:总线缓冲驱动、寻址和译码电路、数据传输应答状态机、配置及操作寄存器组四个部分。四个部分中除总线缓冲驱动采用 74ALS245 芯片来实现外,其余部分都用 FPGA 来实现。采用一片 FLEX10K 芯片 EPF10K10QC208-3 和一片 EPROM 芯片 EPC1441P8,利用相应软件 MAX+PLUS II 来进行设计与实现。

1.1 总线缓冲驱动

该部分完成对 VXI 背板总线中的数据线、地址线和控制线的缓冲接收或驱动,以满足 VXI 规范信号的要求。对于 A16/D16 器件,只要实现背板数据总线 D00~D15 的缓冲驱动。根据 VXI 总线规范的要求,此部分采用两片 74LS245 实现,用 DBEN* (由数据传输应答状态机产生) 来选通。

1.2 寻址和译码电路

寻址线包括地址线 A01~A31、数据选通线 DS0*和 DS1*、长字线 LWORD*。控制线包括地址选通线 AS*和读/写信号线 WRITE*。

本电路的设计采用 MAX+PLUS II 的原理图设计方式。利用元件库里的现有元件进行设计,采用了两片 74688 和一片 74138。

该功能模块对地址线 A15~A01 及地址修改线 AM5~AM0 进行译码。当器件被寻址时,接收地址线及地址修改线上的地址信息,并将其与本模块上硬件地址开关设置的逻辑地址 LA7~LA0 相比较,如果 AM5~AM0 上逻辑值为 29H 或 2DH (由

于是 A16/D16 器件)，地址线 A15、A14 均为 1，并且 A13~A06 上的逻辑值与模块的逻辑地址相等时，该器件被寻址选通（CADDR*为真）。接着其结果被送往下一级译码控制，通过对地址 A01~A05 进行译码选中模块在 16 位地址空间的寄存器。

1.3 数据传输应答状态机

数据传输总线是一组高速异步并行数据传输总线，是 VMEbus 系统信息交换的主要组成部分。数据传输总线的信号线可分为寻址线、数据线、控制线三组。

该部分的设计采用 MAX+PLUS II 的文本输入设计方式。由于 DTACK*的时序比较复杂，所以采用 AHDL 语言来进行设计，通过状态机实现。

该功能模块对 VXI 背板总线中的控制信号进行组态，为标准数据传输周期提供时序及控制信号（产生数据传输使能信号 DBEN*，总线完成数据传输所需的应答信号 DTACK*等）。在进行数据传输时，系统控制者首先对模块进行寻址，并将相应的地址选通线 AS*，数据选通线 DS0*、DS1*以及控制数据传输方向的 WRITE*信号线等设置为有效电平。当模块检测到地址匹配及各控制线有效后，驱动 DTACK*为低电平，以此向总线控制者确认已经将数据放置在数据总线上（读周期）或已经成功地接收到数据（写周期）。

1.4 配置寄存器

每个 VXI 总线器件都有一组“配置寄存器”，系统主控制器通过读取这些寄存器的内容来获取 VXI 总线器件的一些基本配置信息，如器件类型、型号、生产厂家、地址空间（A16、A24、A32）以及所要求的存储空间等。

VXI 总线器件的基本配置寄存器有：识别寄存器、器件类型寄存器、状态寄存器、控制寄存器。

该部分电路的设计采用 MAX+PLUS II 的原理图设计方式，利用 74541 芯片，其创建的功能模块。

ID、DT、ST 寄存器都是只读寄存器，控制寄存器为只写寄存器。本设计中，VXI 总线主要用于控制这批开关的通断，所以，只要向通道寄存器中写入数据就可以控制继电器开关的吸和或断开状态，查询继电器状态也是从通道寄存器中读取数据即可。根据模块设计需要，在其相应各数据位写入适当的内容，从而能够对功能模块的射频开关进行有效控制。

2 模块功能电路 PCB 板的设计

每个 VXI 总线器件都有一组“配置寄存器”，系统主控制器通过读取这些寄存器的内容来获取 VXI 总线器件的一些基本配置信息，如器件类型、型号、生产厂家、地址空间（A16、A24、A32）以及所要求的存储空间等。

射频电路的频率范围约为 10kHz 到 300GHz。随着频率的增加，射频电路表现出不同于低频电路和直流电路的一些特性。因此，在设计射频电路的 PCB 板时就需要特别注意射频信号给 PCB 板所带来的影响。本射频开关电路是由 VXI 总线控制的，在设计中为减少干扰，在总线接口电路部分与射频开关功能电路间采用排线连接，以下主要介绍射频开关功能电路部分 PCB 板的设计。

2.1 元器件的布局

电磁兼容性(EMC)是指电子系统在规定的电磁环境中按照设计要求能正常工作的能力。对于射频电路 PCB 设计而言，电磁兼容性要求每个电路模块尽量不产生电磁辐射，并且具有一定的抗电磁干扰能力。而元器件的布局直接影响到电路本身的干扰及抗干扰能力。也直接影响到所设计电路的性能。

布局总的原则：元器件应尽可能同一方向排列，通过选择 PCB 进入熔锡系统的方向来减少甚至避免焊接不良的现象；元器件间最少要有 0.5mm 的间距才能满足元器件的熔锡要求，若 PCB 板的空间允许，元器件的间距应尽可能宽。

元器件的合理布局也是合理布线的一个前提，因此应该综合考虑。在本设计中，继电器是用于转换射频信号的通道，故应将继电器尽量贴近信号输入端与输出端，以此来尽量减短射频信号线的走线长度，为下一步的合理布线做出考虑。

此外，本射频开关电路是由 VXI 总线控制，射频信号对 VXI 总线控制信号的影响也是布局时必须考虑的问题。

2.2 布线

在基本完成元器件的布局后，就要开始布线，布线的基本原则为：在组装密度许可情况下，尽量选用低密度布线设计，并且信号走线尽量粗细一致，有利于阻抗匹配。

对于射频电路，信号线的走向、宽度、线间距的不合理设计，可能造成信号传输线之间的交叉干扰；另外，系统电源自身还存在噪声干扰，所以在设计射频电路 PCB 时一定要综合考虑，合理布线。

布线时，所有走线应远离 PCB 板的边框（2mm 左右），以免 PCB 板制作时造成断线或有断线的隐患。电源线要尽可能宽，以减少环路电阻，同时，使电源线、地线的走向和数据传递的方向一致，以提高抗干扰能力。所布信号线应尽可能短，并尽量减少过孔数目；各元器件间的连线越短越好，以减少分布参数和相互间的电磁干扰；对于不相容的信号线应尽量相互远离，而且尽量避免平行走线，而在正反两面的信号线应相互垂直；布线时在需要拐角的地方应以 135 度角为宜，避免拐直角。

以上设计中，PCB 板采用四层板，为减小射频信号对 VXI 总线控制信号的影响，故将两种信号走线分别放在中间两层，且射频信号线用接地过孔带屏蔽。

2.3 电源线和地线

在射频电路 PCB 设计中的布线需要特别强调的是电源线与地线的正确布线。电源和地线方式的合理选择是仪器可靠工作的重要保证。射频电路的 PCB 板上相当多的干扰源是通过电源和地线产生的，其中地线引起的噪声干扰最大。根据 PCB 板电流的大小，电源线、地线线条设计的要尽量粗而短，减少环路电阻。同时使电源线、地线的走向和数据传递的方向一致，这样有助于增强抗噪声能力。在条件允许的情况下尽量采用多层板，四层板比双面板噪声低 20dB，六层板又比四层板噪声低 10dB。

在本文设计的四层 PCB 板中，顶层和底层两层均设计为地线层。这样无论中间层哪一层为电源层，电源层和地线层这两个层彼此靠近的物理关系，形成了一个很大的去耦电容，减少了地线所带来的干扰。

地线层采用大面积铺铜。大面积铺铜主要有以下几个作用：

- (1) EMC. 对于大面积的地或电源铺铜，会起到屏蔽作用。
- (2) PCB 工艺要求。一般为了保证电镀效果，或者层压不变形，对于布线较少的 PCB 板层铺铜。
- (3) 信号完整性要求，给高频数字信号一个完整的回流路径，并减少直流网络的布线。
- (4) 散热，特殊器件安装要求铺铜等等。

3 结论

VXI 总线系统是一种在世界范围内完全开放的、适用于多厂商的模块化仪器总线系统，是目前世界上最新的仪器总线系统。以上主要介绍了基于 VXI 总线的射频开关模块的研制。介绍了总线接口的设计以及射频开关模块功能电路部分 PCB 板的设计。射频开关由 VXI 总线控制，增加了开关操作的灵活性，使用方便。