

关于电子电路设计中的抗干扰措施

余自兵

乐歌人体工学科技股份有限公司 浙江 宁波 315100

摘要: 电子电路设计中的抗干扰措施至关重要。针对温度、振动、湿度、声波和电磁波等多种干扰源,需采用一系列技术手段抑制干扰。包括干扰源隔离、电源滤波、合理接地设计、信号屏蔽等,以减少干扰对电路稳定性和性能的影响。在PCB布局中,模拟与数字电路分隔、电源滤波器放置、高速信号线处理等原则需严格遵守,降低信号噪声,保障数据传输的准确性。综合应用这些措施,可显著提升电子电路的抗干扰能力。

关键词: 电子电路;设计;抗干扰措施

引言: 在电子电路设计中,抗干扰能力的高低直接关系到电路的稳定性和可靠性。随着电子技术的飞速发展,各种干扰源层出不穷,如温度、振动、电磁辐射等,对电路性能造成严重影响。因此,采取有效的抗干扰措施成为电子电路设计中的重要课题。本文旨在探讨电子电路设计中的抗干扰措施,通过分析干扰源的特性及影响,提出相应的技术方案,以提高电路的稳定性和可靠性,为电子系统的正常运行提供有力保障。

1 电子电路设计中的干扰源及其影响

1.1 干扰源的种类及特性

在电子电路设计中,各种形式的干扰源都可能对电路的稳定性和性能造成影响。(1) 温度干扰。温度干扰是指由于环境温度的变化而引起的电路性能变化。在高温环境下,电子元件的参数可能发生变化,如电阻值增大、电容值减小等,从而影响电路的稳定性和精度。此外,温度的变化还可能引起电路中的热噪声,进一步降低电路的信噪比。(2) 振动干扰。振动干扰是指由于外部机械振动引起的电路性能变化。在机械振动的作用下,电子元件之间的连接可能发生松动或断裂,导致电路中断或信号传输错误。此外,振动还可能引起电路中的微振动噪声,对电路性能产生不利影响。(3) 湿度干扰。湿度干扰是指由于环境中湿度变化引起的电路性能变化。在高湿度环境下,电子元件表面可能形成水膜或结露,导致电路短路或信号传输错误。此外,湿度还可能加速电子元件的老化过程,降低电路的使用寿命。(4) 声波干扰。声波干扰是指由于声波传播引起的电路性能变化。虽然声波对电子电路的直接干扰较小,但在某些特殊情况下,如声波传感器或音频放大电路中,声波可能引起电路中的谐振或反馈,导致电路性能下降或损坏。(5) 电磁波干扰(电磁干扰EMI)。电磁干扰是电子电路设计中最为常见和严重的干扰源之一。它是指

由于电磁场的变化而引起的电路性能变化。电磁干扰可能来自外部电磁场(如雷电、无线电波等),也可能来自电路内部(如开关电源、高频电路等)。电磁干扰对电路的影响主要表现在以下几个方面:1) 辐射干扰:电磁干扰源向周围空间辐射电磁波,对邻近电路产生干扰。2) 传导干扰:电磁干扰通过导线或电缆传输到其他电路,对其产生干扰。3) 耦合干扰:电磁干扰通过电磁场耦合到邻近电路,对其产生干扰。电磁干扰对电子电路的影响非常广泛,可能导致电路稳定性降低、信号失真、数据传输错误、设备损坏等问题。特别是在高频、高速、高集成度的现代电子系统中,电磁干扰问题尤为突出。

1.2 干扰对电子电路性能的影响

干扰对电子电路性能的影响是多方面的。(1) 稳定性降低。干扰可能导致电路的稳定性降低,使电路在正常工作条件下出现波动或抖动。这种稳定性降低可能表现为输出信号的漂移、电路工作状态的切换等。(2) 信号失真。干扰可能导致信号失真,即输入信号与输出信号之间的不一致性。信号失真可能表现为信号的幅度、相位、频率等参数发生变化,从而影响电路的性能。(3) 数据传输错误。在数字电路中,干扰可能导致数据传输错误。例如,在串行通信中,干扰可能导致数据位丢失、误码率增加等问题;在并行通信中,干扰可能导致数据总线上的信号冲突或混乱。(4) 设备损坏。严重的干扰还可能导致电子设备的损坏。例如,雷电、电网过电压等强电磁干扰可能直接烧毁电路中的元件或设备;长时间的高频电磁干扰也可能加速电子元件的老化过程,降低设备的使用寿命。因此,在电子电路设计中,必须充分考虑各种干扰源的影响,并采取相应的抗干扰措施,以确保电路的稳定性和可靠性。

2 电子电路设计中的抗干扰技术措施

2.1 干扰源抑制技术

在电子电路设计中,抑制干扰源是减少干扰影响的首要步骤。(1)干扰源隔离。干扰源隔离是通过将干扰源与电路的其他部分物理上或电气上隔离开来,以减少干扰的传播。例如,使用隔离变压器将电源与电路隔离,或者使用屏蔽罩将高频电路与其他电路隔离。这种技术能够有效地阻止干扰信号的传播,从而提高电路的稳定性。(2)电源滤波。电源滤波是通过在电源线上添加滤波器来减少电源噪声对电路的影响。滤波器能够滤除电源线上的高频噪声和纹波,提供一个稳定、干净的电源环境。常见的电源滤波器包括低通滤波器、带通滤波器和LC滤波器等。通过合理的选择和使用电源滤波器,可以有效地减少电源噪声对电路的干扰。(3)接地技术。接地技术是电子电路设计中非常重要的一环。正确的接地方式能够减少电磁干扰和静电干扰的影响。在接地设计中,需要考虑接地电阻、接地方式和接地点的选择等因素。合理的接地设计能够确保电路的稳定性和可靠性^[1]。(4)信号屏蔽。信号屏蔽是通过使用屏蔽材料或屏蔽结构来减少电磁辐射对信号的影响。在高频电路中,电磁辐射是主要的干扰源之一。通过使用金属屏蔽罩、屏蔽电缆等屏蔽材料,可以有效地减少电磁辐射对电路的影响,提高信号的传输质量。

2.2 信号通道抗干扰设计

信号通道抗干扰设计是为了减少信号在传输过程中受到的干扰。(1)差分传输技术。差分传输技术是一种利用两个信号线之间的电压差来传输信号的技术。由于差分信号对共模干扰具有抑制作用,因此差分传输技术能够有效地减少信号传输过程中的干扰。在高速数据传输中,差分传输技术得到了广泛的应用。(2)屏蔽传输线。屏蔽传输线是在信号线外部包裹一层屏蔽材料来减少外界干扰的影响。屏蔽层可以有效地防止电磁辐射的耦合,降低干扰信号的影响。因此,在需要长距离传输信号或信号传输环境恶劣的情况下,使用屏蔽传输线是一种有效的抗干扰措施。(3)数字信号与模拟信号的隔离。在电子电路设计中,数字信号和模拟信号通常需要分开处理。由于数字信号具有较高的频率和较大的噪声,容易对模拟信号产生干扰。因此,在电路设计中需要采取适当的隔离措施,将数字信号与模拟信号隔离开来。这可以通过使用隔离电源、隔离运放等器件来实现。

2.3 空间电磁辐射抗干扰设计

空间电磁辐射抗干扰设计是为了减少设备在运行过程中产生的电磁辐射对周围环境的影响。(1)空间电磁屏蔽。空间电磁屏蔽是通过使用导电材料或导磁材料在设备周围形成一层屏蔽层,以减少设备产生的电磁辐射

对外界环境的影响。屏蔽层可以有效地反射或吸收电磁辐射,降低电磁辐射的泄漏。(2)设备布局优化。设备布局优化是通过合理安排设备的位置和朝向,以减少设备之间的电磁干扰。在设备布局时,需要考虑设备之间的距离、朝向以及设备对电磁场的敏感程度等因素。通过合理的设备布局,可以降低电磁辐射的相互影响,提高整个系统的稳定性。(3)电磁兼容设计。电磁兼容设计是指在电子设备的设计过程中,充分考虑设备之间的电磁干扰问题,并采取相应的措施来确保设备之间的兼容性和可靠性。这包括选择合适的电磁兼容性器件、制定合理的电磁兼容性标准和测试方法等方面。通过电磁兼容设计,可以提高电子设备之间的协同工作能力,降低电磁干扰对系统的影响^[2]。

2.4 单片机测控系统中的抗干扰设计

在单片机测控系统中,抗干扰设计同样非常重要。(1)降低电源噪声。单片机测控系统的电源噪声会对系统的稳定性和精度产生影响。为了降低电源噪声,可以采用低噪声电源设计、使用滤波器或稳压器等技术手段。这些措施能够有效地减少电源噪声对单片机测控系统的影响。(2)降低时钟频率。在单片机测控系统中,时钟频率是影响系统性能的重要因素之一。然而,过高的时钟频率会产生大量的噪声和辐射干扰。为了降低噪声和辐射干扰的影响,可以降低单片机的时钟频率或者采用分频技术来降低时钟频率。这样可以在保证系统性能的前提下,减少噪声和辐射干扰的影响。(3)使用EFT技术提高抗干扰能力。EFT(电气快速瞬态脉冲)技术是用于评估电子系统对电气快速瞬态事件的耐受性的技术。在单片机测控系统中,使用EFT技术可以显著提高系统的抗干扰能力。具体而言,EFT技术通过模拟电气快速瞬态事件(如雷电、静电放电等)对系统进行测试,以评估系统在这种极端环境下的稳定性和可靠性。为了实现这一点,单片机测控系统需要采取一系列措施来增强其对EFT的耐受性。首先,通过合理的电路布局和设计,减少电磁耦合和共模干扰,从而降低EFT对系统的影响。其次,采用高性能的电源滤波器和保护电路,以减轻电源线上的EFT干扰。此外,还可以采用专门的EFT防护器件,如瞬态电压抑制器(TVS)或金属氧化物压敏电阻(MOV),来进一步降低EFT对单片机测控系统的影响^[3]。(4)频率抖动技术。频率抖动技术是另一种提高单片机测控系统抗干扰能力的有效方法。该技术通过在单片机的工作频率上引入微小的随机变化(即“抖动”),使系统的频谱分布更加均匀。这样可以减少系统在某一特定频率上的能量集中,从而降低系统对特定频率干扰

的敏感性。频率抖动技术的实现可以通过修改单片机的时钟发生器或采用专门的频率抖动电路来实现。通过这种方式,单片机测控系统可以更好地应对来自外部环境的各种干扰源,提高系统的稳定性和可靠性。

3 抗干扰设计在 PCB 布局中的实践

3.1 PCB布局原则

(1) 模拟电路与数字电路的分隔。在PCB设计中,模拟电路和数字电路的处理方式和敏感度差异较大。模拟电路通常对噪声和干扰更敏感,而数字电路则可能产生高频噪声。因此,将模拟电路和数字电路分开布局是降低它们之间相互干扰的关键。通过物理隔离,可以减少数字电路的高频噪声对模拟电路的影响,同时也可以避免模拟电路的噪声对数字电路产生误触发。(2) 电源滤波器的合理放置。电源滤波器在PCB设计中扮演着重要角色,能够有效滤除电源线上的噪声和干扰。为了使其发挥最佳效果,电源滤波器应放置在电源入口处,并尽量靠近电源模块。同时,滤波器的输入和输出线应尽可能短,以减少线路上的噪声。此外,滤波器的接地线也需要特别关注,应确保其良好接地,以最大程度地滤除共模噪声。(3) 高速信号线的处理。随着电子系统时钟频率的不断提高,高速信号线的设计变得越来越重要。高速信号线容易受到外界干扰,因此应特别注意其布局和处理。首先,高速信号线应尽可能短,以减少信号的传输延时和损耗。其次,高速信号线应避免与其他信号线或电源线产生交叉,以减少相互干扰。如果无法避免交叉,应使用垂直交叉或增加隔离间距的方式来降低干扰。此外,在高速信号线的端点处,应使用合适的阻抗匹配和终端电阻来减少反射和失真。

3.2 PCB布线注意事项

(1) 减少高频电路布线的长度和幅度。高频电路布线时,应尽量减少布线的长度和幅度。长而弯曲的布线会增加信号的传输延时和损耗,并可能产生更多的电磁辐射和散射。因此,应尽可能使用短而直的布线,并

减少不必要的弯曲和分支。此外,对于高频信号线,还应考虑使用合适的线宽和线间距,以确保信号的稳定传输。(2) 信号线与电源线的隔离。在PCB布线中,信号线和电源线之间的隔离至关重要。电源线上的电流和电压波动可能通过耦合或辐射的方式对信号线产生干扰。因此,在布线时,应尽量避免信号线与电源线平行或近距离布置。如果无法避免交叉,可以使用地线或其他隔离手段将它们分隔开来。此外,还可以使用屏蔽线或屏蔽罩来保护信号线,进一步减少电源线对信号线的影响。(3) 使用屏蔽线材和屏蔽罩。在PCB布线中,使用屏蔽线材和屏蔽罩是降低电磁干扰的有效手段。屏蔽线材通过包裹金属层来减少电磁辐射和散射,从而降低信号传输过程中的噪声和失真。而屏蔽罩则能够进一步隔离和保护电路板上的关键部件,如放大器、振荡器等。使用屏蔽罩时,应确保其与电路板紧密贴合,并具有良好的导电性能。同时,还需要注意屏蔽罩的接地问题,以确保其能够有效地吸收和滤除电磁干扰。

结束语

总结而言,电子电路设计中的抗干扰措施是确保电路稳定运行和可靠性能的关键环节。通过深入了解干扰源的特性及其影响,可以针对性地采取一系列技术措施,如隔离、滤波、接地和屏蔽等,来有效抑制干扰。随着技术的不断进步,期待未来能够发展出更多高效、智能的抗干扰方法,为电子电路的稳定性和可靠性提供更强有力的保障。

参考文献

- [1]孟祥荔.电子电路设计中的抗干扰措施[J].设备管理与维修,2019(03):56-57.
- [2]潘庆国,胡猛,彭雪娟.浅析电子电路设计中的抗干扰措施[J].黑龙江科技信息,2019(30):147-148.
- [3]马艳军.基于电子线路设计中抗干扰技术的几点分析[J].电子世界,2019,(09):120-121.