

ESP32

音频产品设计指南



版本 1.0
乐鑫信息科技
版权所有 © 2019

关于本手册

本文档主要说明了在使用 ESP32 系列产品进行音频产品设计时需注意的事项。

发布说明

日期	版本	发布说明
2019.01	V1.0	首次发布。

文档变更通知

用户可通过乐鑫官网订阅页面 <https://www.espressif.com/zh-hans/subscribe> 订阅技术文档变更的电子邮件通知。

证书下载

用户可通过乐鑫官网证书下载页面 <https://www.espressif.com/zh-hans/certificates> 下载产品证书。

目录

1. 原理图设计	1
1.1. 电源与地部分.....	1
1.1.1. USB/Battery 电源管理.....	1
1.1.2. 外设模块电源管理.....	2
1.1.3. 地平面分割管理.....	2
1.2. 音频类芯片的设计规则.....	3
1.3. ESP32 模组的管脚配置.....	4
1.3.1. 模组电源.....	4
1.3.2. 模组使能.....	4
1.3.3. 仅可用作输入的管脚.....	4
1.3.4. 不建议用于其他功能的管脚.....	5
1.3.5. Strapping 及部分特殊管脚.....	6
2. 版图设计	8
2.1. 版图设计通用要点.....	8
2.1.1. PCB 层数.....	8
2.1.2. 走线基础规则.....	8
2.2. 布局要点.....	9
2.2.1. ESP32 模组在底板上的位置摆放.....	9
2.2.2. 接插类器件位置摆放.....	11
2.2.3. 芯片类器件位置摆放.....	13
2.3. 电源、地及信号线走线要点.....	14
2.3.1. 电源走线要点.....	14
2.3.2. 地走线要点.....	15
2.3.3. 信号线走线要点.....	17



1.

原理图设计

音频产品电路图设计需注意以下三个方面：

- 电源与地部分；
- 音频类芯片的设计规则；
- ESP32 模组的管脚配置。

1.1. 电源与地部分

1.1.1. USB/Battery 电源管理

Wi-Fi 处于工作状态时，峰值电流较大，我司建议给模组的供电能力需在 500 mA 以上。音频板一般都需要外接电池，因此设计中需要一颗充电管理芯片，以便对电池进行充电。充电管理芯片可根据实际需求进行选择，例如 AP5056。

若使用电池为整个系统供电，即充电管理芯片的 VBAT（电池电源）管脚接至电池正极，同时作为系统电源的输入，此时请务必确保电池是连接的状态。因为当充电管理芯片检测到电池时，其输出的电流是规格书中的标称值，而当未检测到电池时，其输出的电流很小，可能出现电路供电不足的情况。

针对上述问题，建议在设计中增加一组 USB/Battery 供电切换电路。例如下图：USB 插入时，VBAT 会与系统电源切断，默认 USB 供电，而当 USB 未插入时，VBAT 会供电。

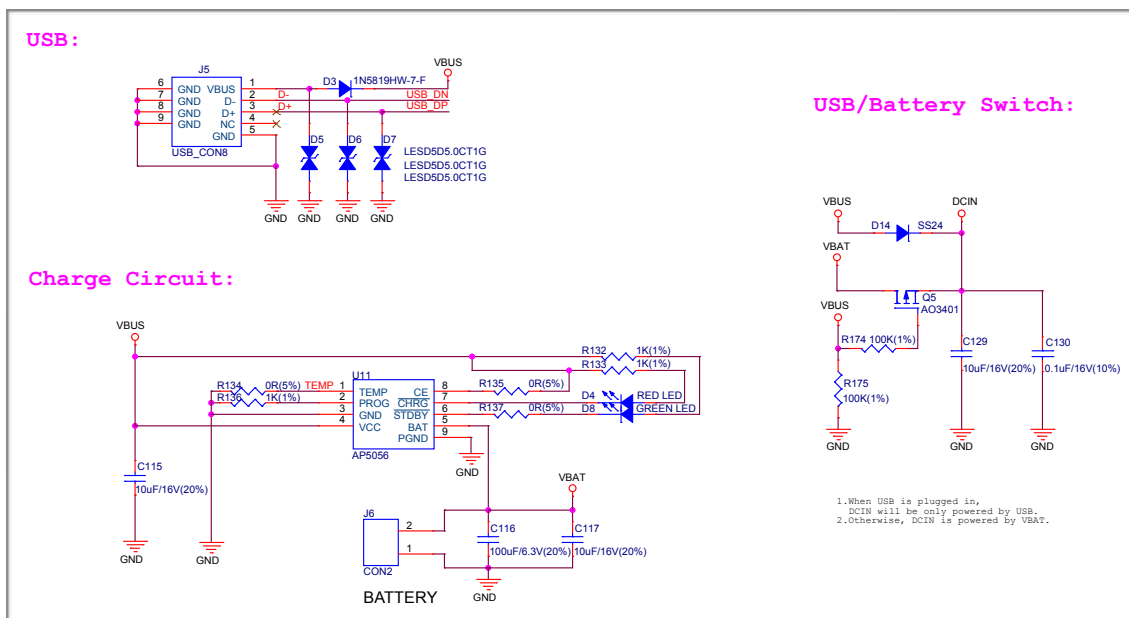


图 1-1. USB/Battery 供电管理模块电路



1.1.2. 外设模块电源管理

音频板上需要供电的设备一般包括：Wi-Fi 模块、Codec 模块、DSP 模块、PA 功率放大器模块、Micro SD 卡模块、LED 灯驱动模块等。其中，PA 功率放大器由 USB/Battery 直接供电，而其他模块所需的电压一般都经由电源管理芯片转换后供给。

建议每一个模块都预留一颗单独的电源管理芯片，以便可以采用独立供电，同时预留可供选择的电阻。在调试过程中，根据实际测试结果，判断是否可以删除某些芯片。电源管理芯片的选择需满足电路中输入输出电流电压、低噪声、效率等各个方面的需求，例如下图：

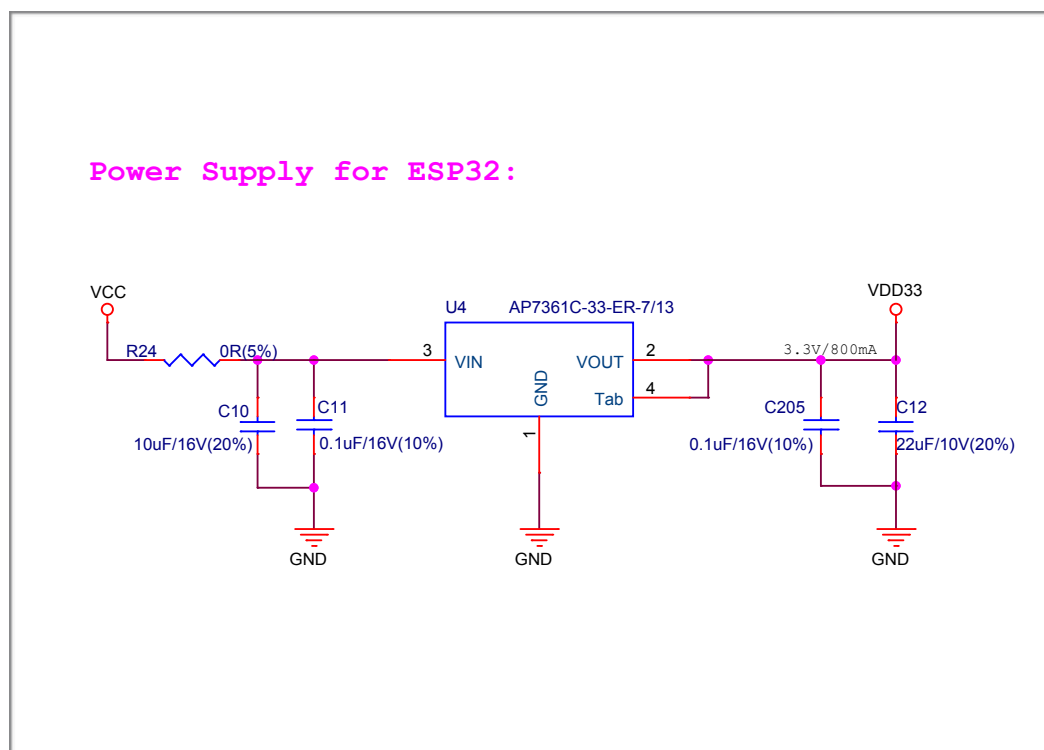


图 1-2. 外设模块电源管理电路

1.1.3. 地平面分割管理

对应上述所列的这些模块，需要根据实际情况将各自参考的地平面分割开。例如 Wi-Fi 模组、Micro SD 卡参考的是数字 DGND；PA 功率放大器、外接喇叭参考的是模拟 AGND；Codec 模块、DSP 模块、LED 灯驱动等各个芯片自身也有需要区分的参考地平面；并且建议将输入电源模块也区分开。这些地之间需要用 0R 电阻（封装建议 0603 以上）短接在一起，例如下图：

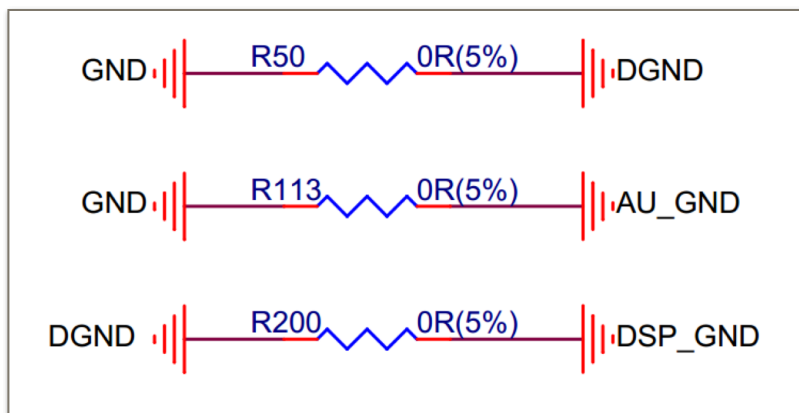


图 1-3. 地平面分割管理电路

1.2. 音频类芯片的设计规则

每个芯片都有自身的设计规则，例如一些 Codec 对数字和模拟的区分要求非常严格，否则会产生噪声；一些 DSP 自身就需要划分不同的参考地平面；一些 PA 功率放大器可以支持差分输入，而另一些只能支持单端输入等。

说明：

这些芯片在设计时都需要参考各自的技术规格书或者原厂提供的参考设计。

例如下图：

某一 DSP 的特殊设计规范：

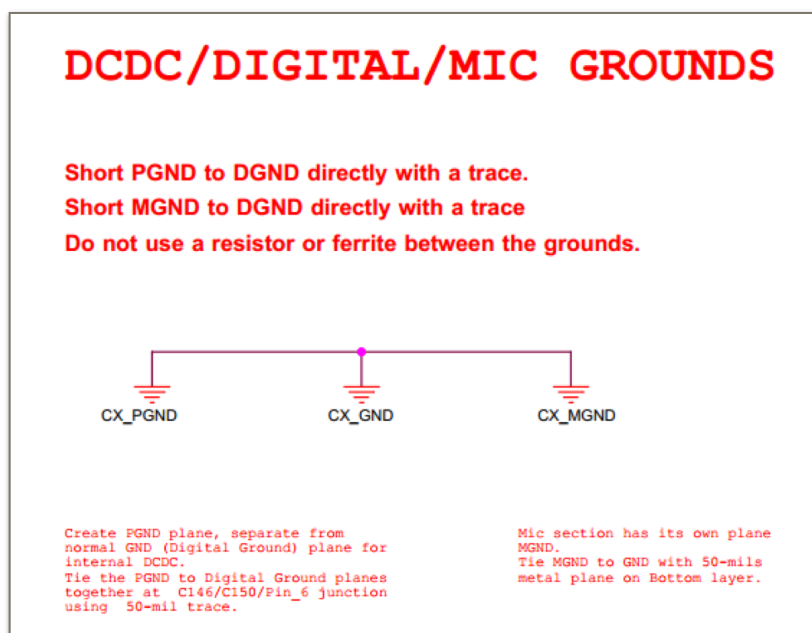


图 1-4. 某 DSP 地平面参考设计电路



某一 Codec 的数模分割:

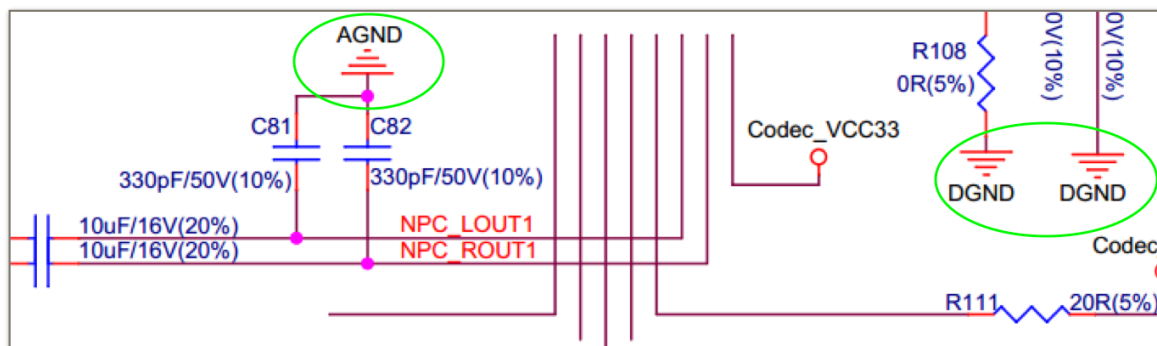


图 1-5. 某 Codec 地平面对参考设计电路

1.3. ESP32 模组的管脚配置

ESP32 模组的管脚多数可以根据需求进行自主分配，灵活度较高，但仍有一些需要特别注意的地方。

1.3.1. 模组电源

3.3 V 电源入口处，建议使用一颗 100 uF 大电容搭配一颗 0.1 uF 小电容，且靠近芯片电源管脚摆放。

1.3.2. 模组使能

使能管脚 CHIP_EN 上建议连接一颗 10 K 的上拉电阻搭配一颗 1 uF 的对地电容，组成 RC 延时电路以避免 CHIP_EN 端上电电平不稳定；另外，CHIP_EN 一般都被用作模组的复位，故建议将其连接至一颗实体按键，实现复位的操作。

1.3.3. 仅可用作输入的管脚

ESP32 中有一些管脚仅具备输入功能，不能作输出使用，例如：CHIP_EN、SENSOR_VP、SENSOR_CAPP、SENSOR_CAPN、SENSOR_VN、IO34、IO35 等。

说明:

- *SENSOR_VP*、*SENSOR_CAPP*、*SENSOR_CAPN* 和 *SENSOR_VN* 推荐作 ADC 检测使用，检测的电压域推荐 0 V~2.5 V，而且该管脚在靠近 ESP32 端建议增加一颗 0.1 uF 的电容；
- 在 ESP32 系列模组中，*SENSOR_CAPP* 和 *SENSOR_CAPN* 两个管脚没有连接出来，仅可使用 *SENSOR_VP*、*SENSOR_VN*。

例如下图：

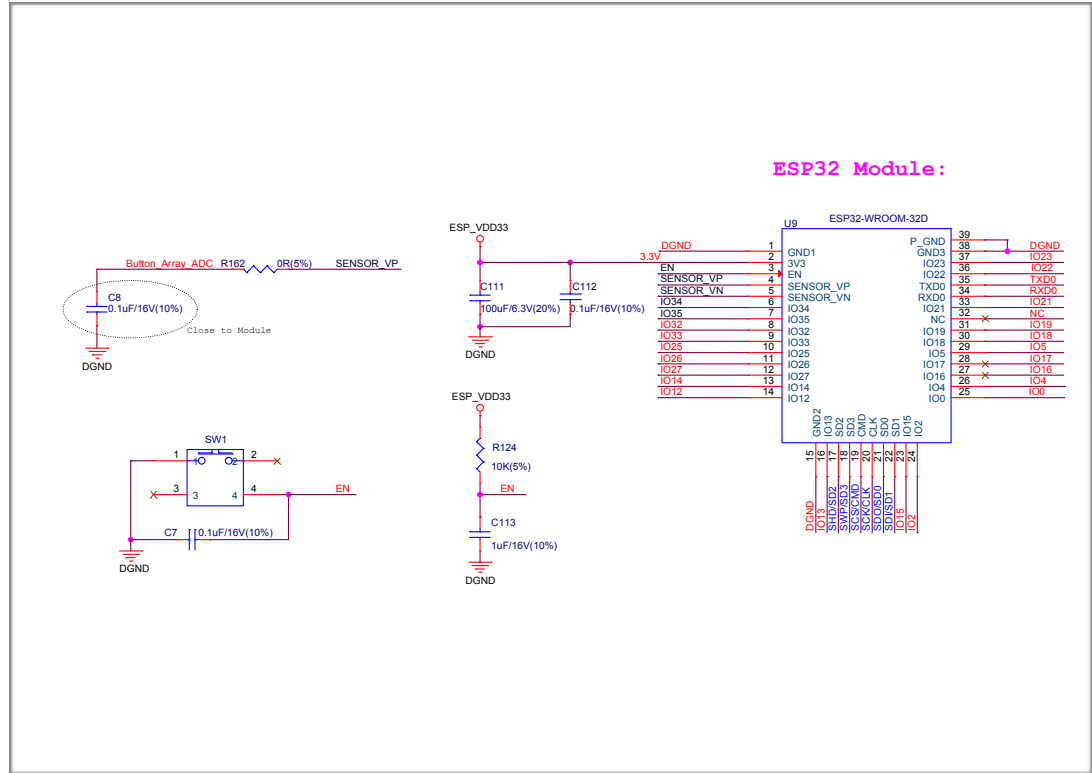


图 1-6.ESP32 部分管脚配置参考电路

1.3.4. 不建议用于其他功能的管脚

- SHD/SD2、SWP/SD3、SCS/CMD、SCK/CLK、SDO/SD0、SDI/SD1，已经用于连接模组内部集成的 SPI Flash，不建议再用于其他功能；
- 在上述基础上，如选用 ESP32-WROVER 系列模组，GPIO16、GPIO17 还分别被用作模组内部 PSRAM 的片选和时钟，故这两个 GPIO 也不建议再用于其他功能；
- TXD0/RXD0 为 UART0 管脚，用于烧录及通信，不建议再用于其他功能。

说明:

ESP32 不能直接识别 USB，设计中需要一颗 USB 转 UART 的芯片，例如 CP2102-GM。该芯片的 UART 与 ESP32 的 UART0 互连，一方面用于对 ESP32 的烧录，另一方面作为与 PC 的交互接口。设计中，建议为 TXD0、RXD0 预留测试点。

例如下图：

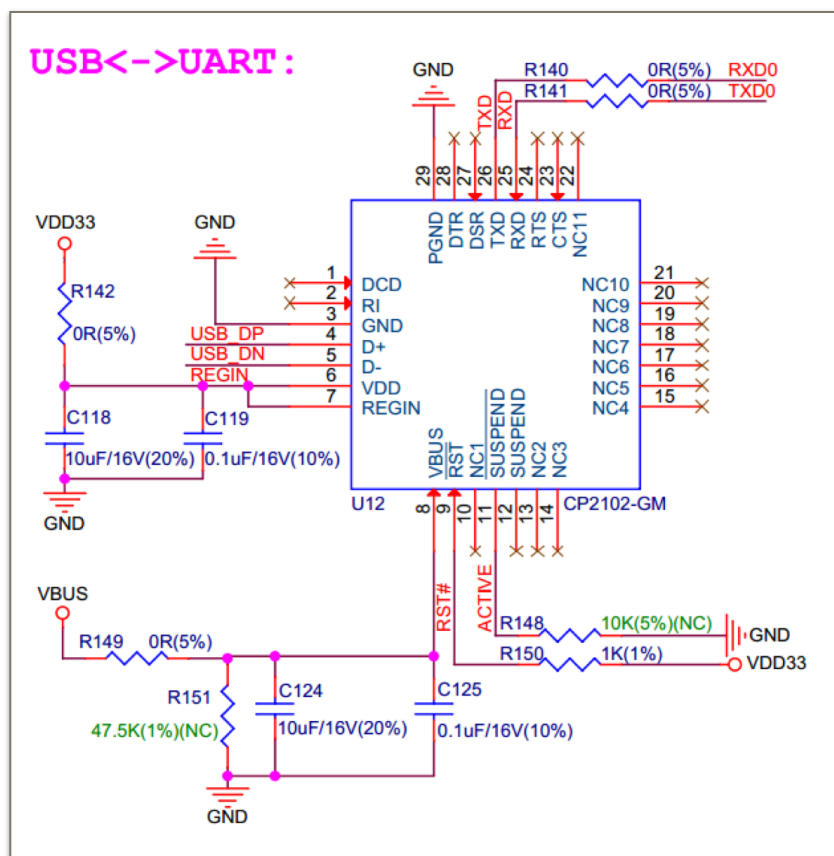


图 1-7. USB 转 UART 参考电路

1.3.5. Strapping 及部分特殊管脚

- GPIO0 是 Strapping 管脚之一，上电复位过程中的电平状态与下载有关：
 - “1”：进入 Flash 启动模式，且芯片默认为“1”；
 - “0”：进入下载模式。

同时 GPIO0 又可以作为 MCLK 连接至其他芯片，所以不建议再用于其他功能。

- GPIO2 是 Strapping 管脚之一，上电复位过程中的电平状态也与下载有关：
 - “0”：进入下载启动模式，且芯片默认为“0”；

同时 GPIO2 又可以作为 SDIO/MMC 的连接管脚之一，例如连接 SD 卡，所以不建议再用于其他功能。

说明：

设计中，建议为 GPIO0、GPIO2 预留测试点，或者连接一颗按键，以便实现下载。

例如下图：

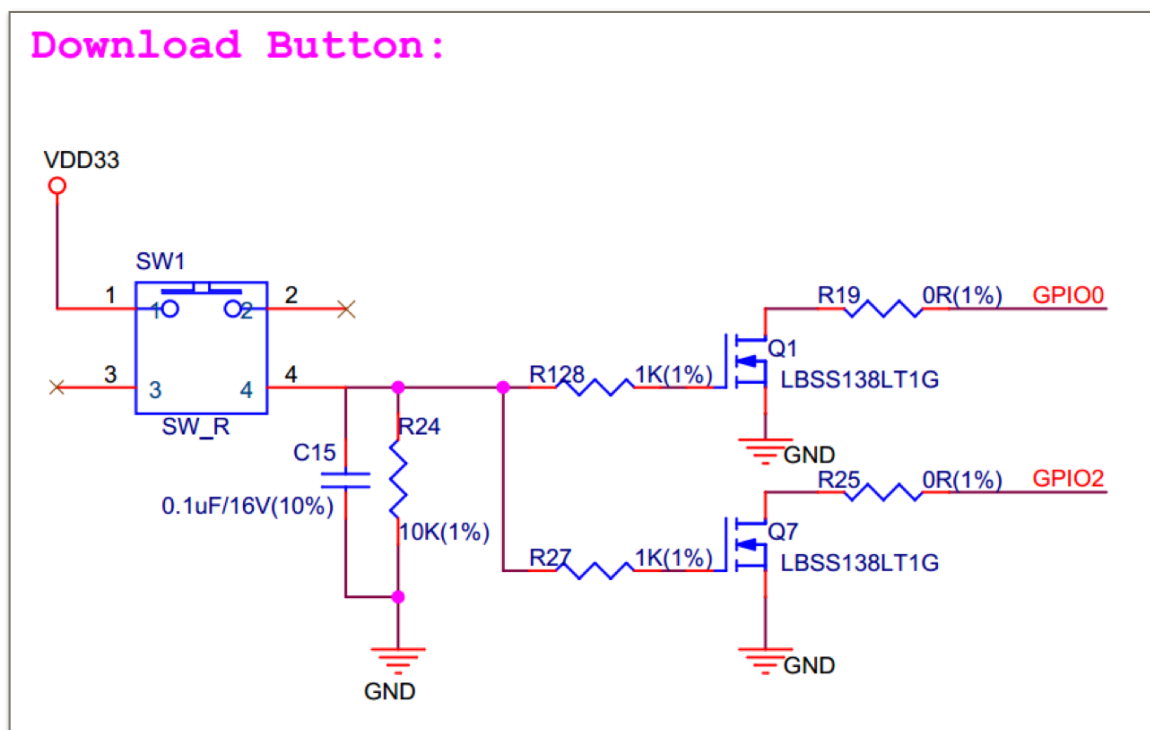


图 1-8. 下载按键参考电路

- GPIO12 是 Strapping 管脚之一，上电复位过程中的电平状态与芯片内置 LDO 输出电压有关：
 - “0”：输出 3.3 V，且芯片默认为 “0”；
 - “1”：输出 1.8 V；

说明：

此电压值与模组内部集成 *Flash*、*PSRAM* 的供电电压相关。

同时 GPIO12 又可以作为 SDIO/MMC 的连接管脚之一，例如连接 SD 卡；以及 JTAG 连接管脚之一；所以不建议再用于其他功能，需要特别注意 GPIO12 上电复位过程中的电平状态不可与 LDO 输出电压的需求相冲突。

- 具备 ADC 功能、DAC 功能、触摸板、SD 卡、JTAG、低功耗睡眠模式需求下的 RTC 域管脚等，这些都属于较特殊的管脚，在具体分配时，需要仔细参照 [《ESP32 技术规格书》](#)。



2.

版图设计

音频产品版图设计需注意以下事项：

- 版图设计通用要点；
- 布局要点；
- 电源、地及信号线走线要点。

2.1. 版图设计通用要点

2.1.1. PCB 层数

建议优先采用四层板，即：

- 第一层为 TOP 层：摆放 ESP32 模组及其他大部分芯片类器件；
- 第二层为 GND 层，只铺 GND 铜箔，保证完整的 GND 平面；
- 第三层为 POWER 层，走电源线及部分信号线；
- 第四层为 BOTTOM 层，也可以摆放器件，走电源线及信号线。

说明：

器件可以根据实际情况摆放在 TOP 层或者 BOTTOM 层，但建议 ESP32 模组的相邻层设置为 GND 层，即若 ESP32 模组摆在了 BOTTOM 层，建议将第三层设置为 GND 层，将第二层设置为 POWER 层。

2.1.2. 走线基础规则

走线基础规则总结如下：

- 走线尽量路径最短，过孔最少，避免不必要的弯绕和穿孔；
- 走线需走钝角，尽量干净整洁，避免出现直角和锐角，避免在其中隐藏小线段；
- 晶振、大电感等敏感器件下方的所有层，应尽量避免穿线。

例如下图：

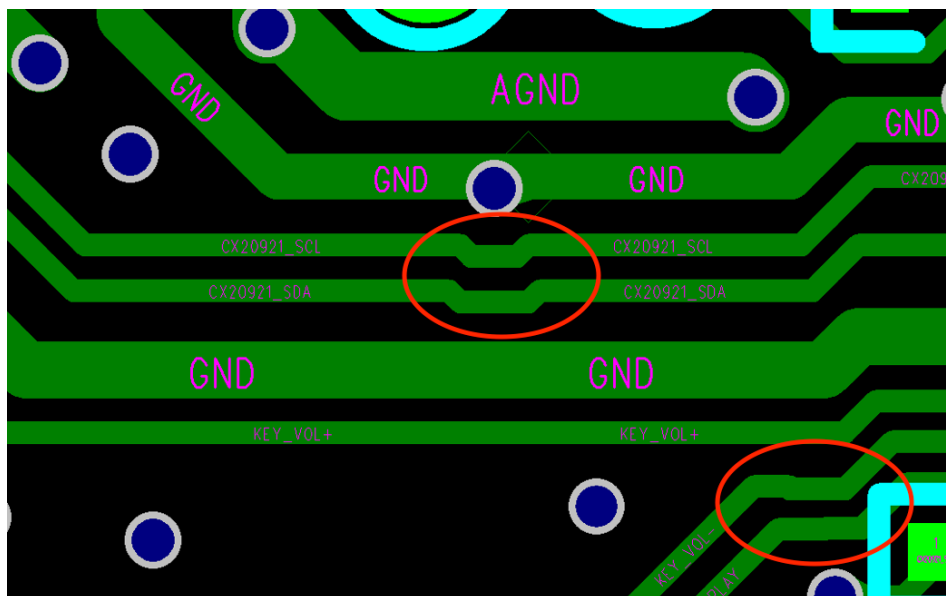


图 2-1. 不建议的走线示例

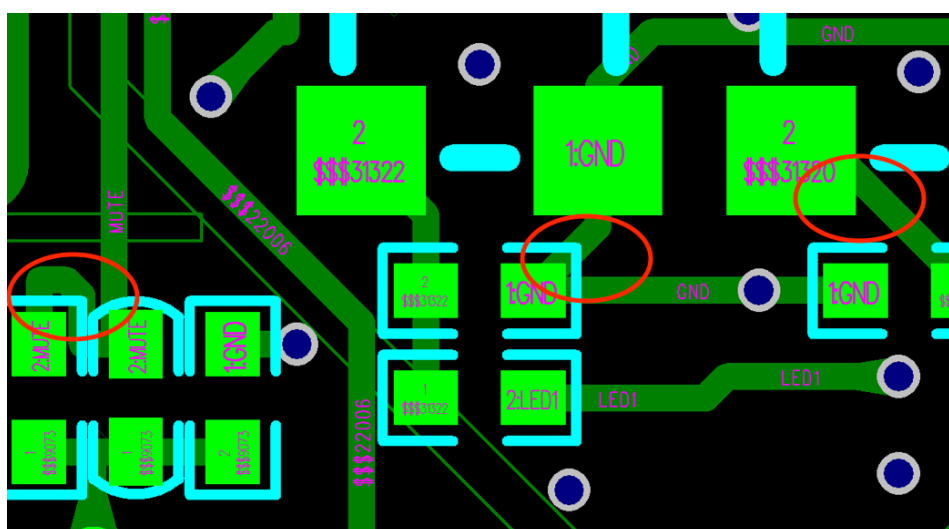


图 2-2. 不建议的走线示例

2.2. 布局要点

2.2.1. ESP32 模组在底板上的位置摆放

若条件允许，建议将模组 PCB 天线区域延伸出底板板框外，并将模组尽可能地靠近底板板边放置，使天线的馈点距离板边距离最近，且天线同水平方向的区域尽量大。例如下图：

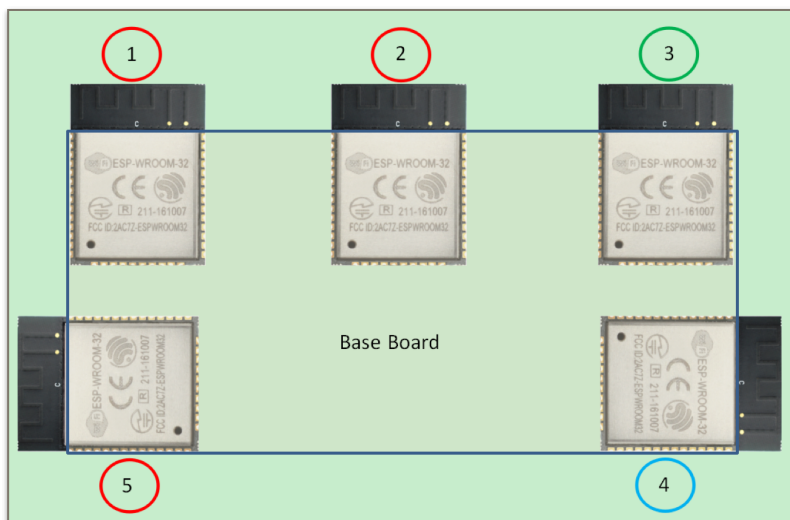


图 2-3. 模组位置摆放示例

说明:

在图 2-3 中, ESP32 模组在底板上的位置建议如下:

位置 3: 强烈推荐;

位置 4: 推荐;

位置 1、2、5: 不推荐。

如上述方向受限而无法实行, 则请确保模块不被任何金属外壳包裹, 模块 PCB 天线区域及外扩 15 mm 区域需净空 (该区域范围内所有层严禁铺铜、走线、摆放元件)。例如下图:

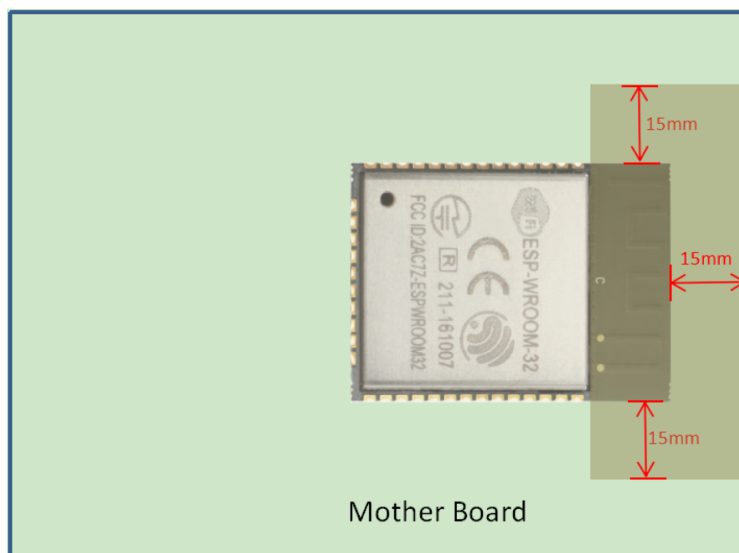


图 2-4. 模组位置摆放示例



模组天线区域需尽可能地远离其他模块尤其音频输出，建议成 180 度方向，如受限无法满足，至少成 90 度方向。例如下图：

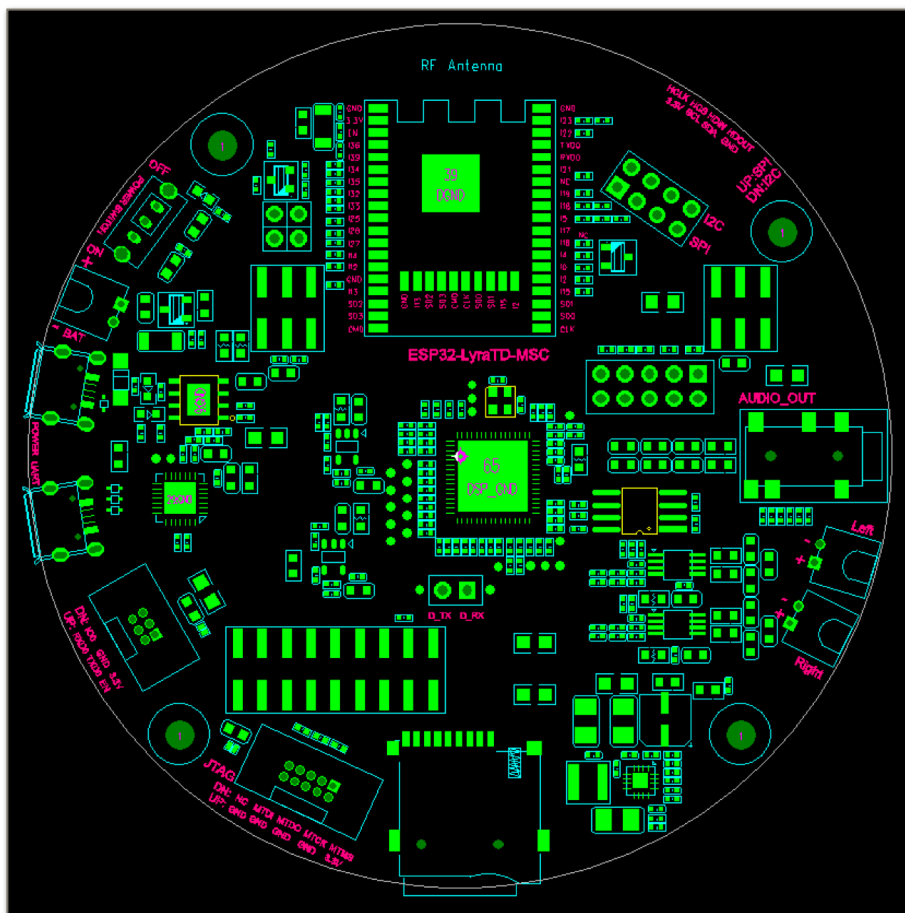


图 2-5. 模组位置摆放示例

2.2.2. 接插类器件位置摆放

USB 接口、电池座子、电源开关、SD 卡、耳机座子、外接音箱座子、调试排针、安装孔等，这些器件的摆放需结合：

- 结构外形要求，便于安装；
- 便于实际的调试操作；
- 便于整体的布局走线。

说明：

此类器件尤其需要注意接插的方向、管脚顺序、正负极性等，而且建议在丝印层进行文字标注。

例如下图：

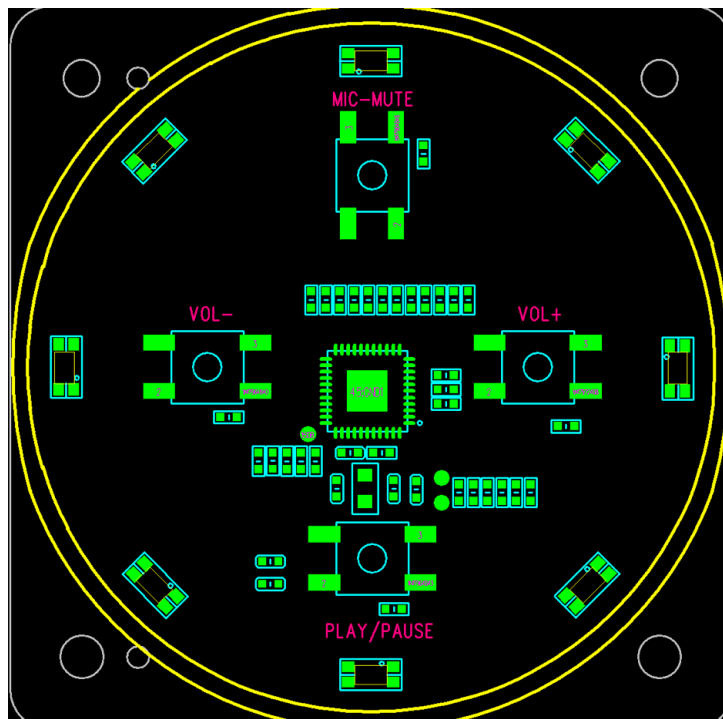


图 2-6. 接插类器件摆放示例

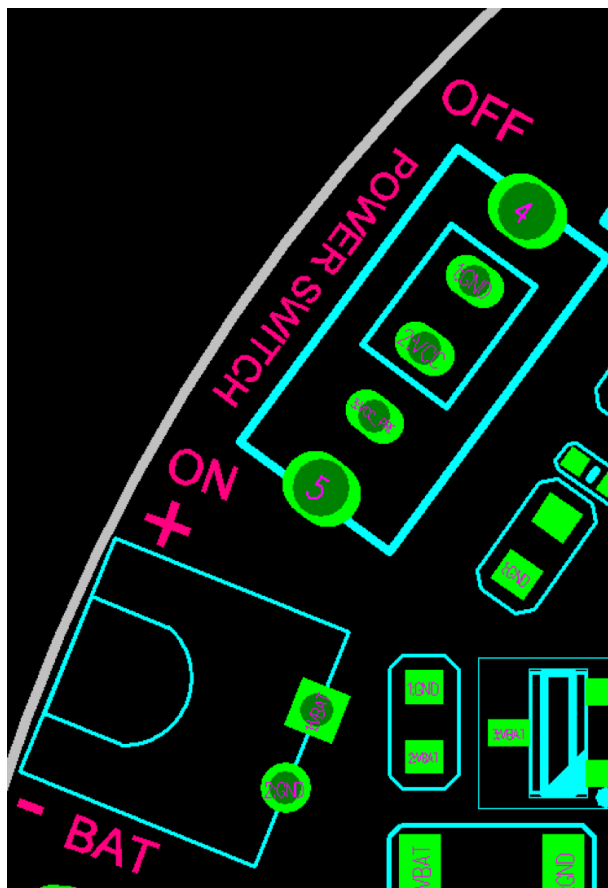


图 2-7. 接插类器件摆放示例



2.2.3. 芯片类器件位置摆放

芯片类器件与其周边的外围器件建议摆放在一起，尤其是电源的滤波电容，必须尽可能地靠近电源管脚摆放，且均匀分配，尽量让每一个电源管脚附近都有滤波电容，切不可全部堆放在一个位置。

参考地平线一致的模块、功能相关的模块建议就近摆放，便于走线及地平面的分割。例如音频的 Codec、PA 功率放大器、喇叭建议靠近；USB 接口、充电模块、电池接口建议靠近。例如下图：

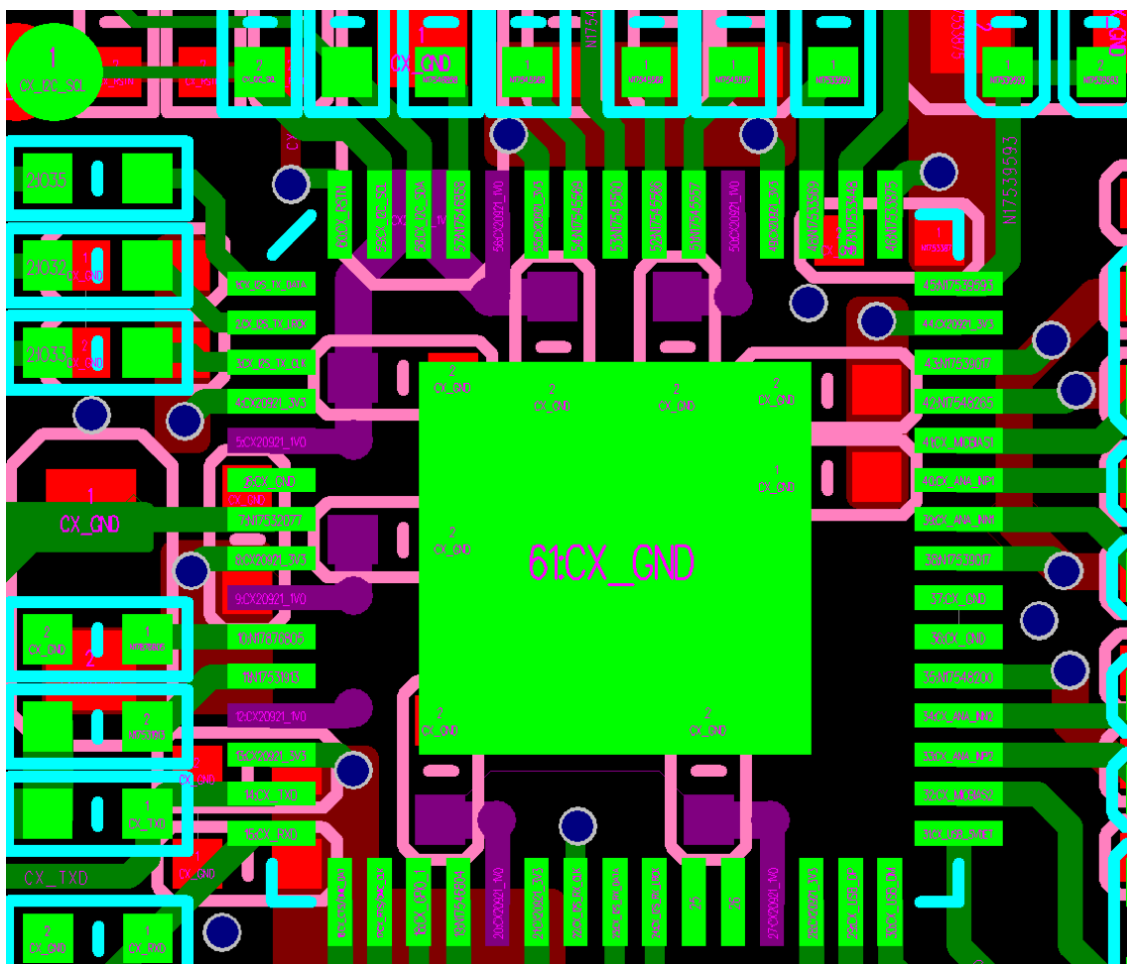


图 2-8. 芯片类器件摆放示例

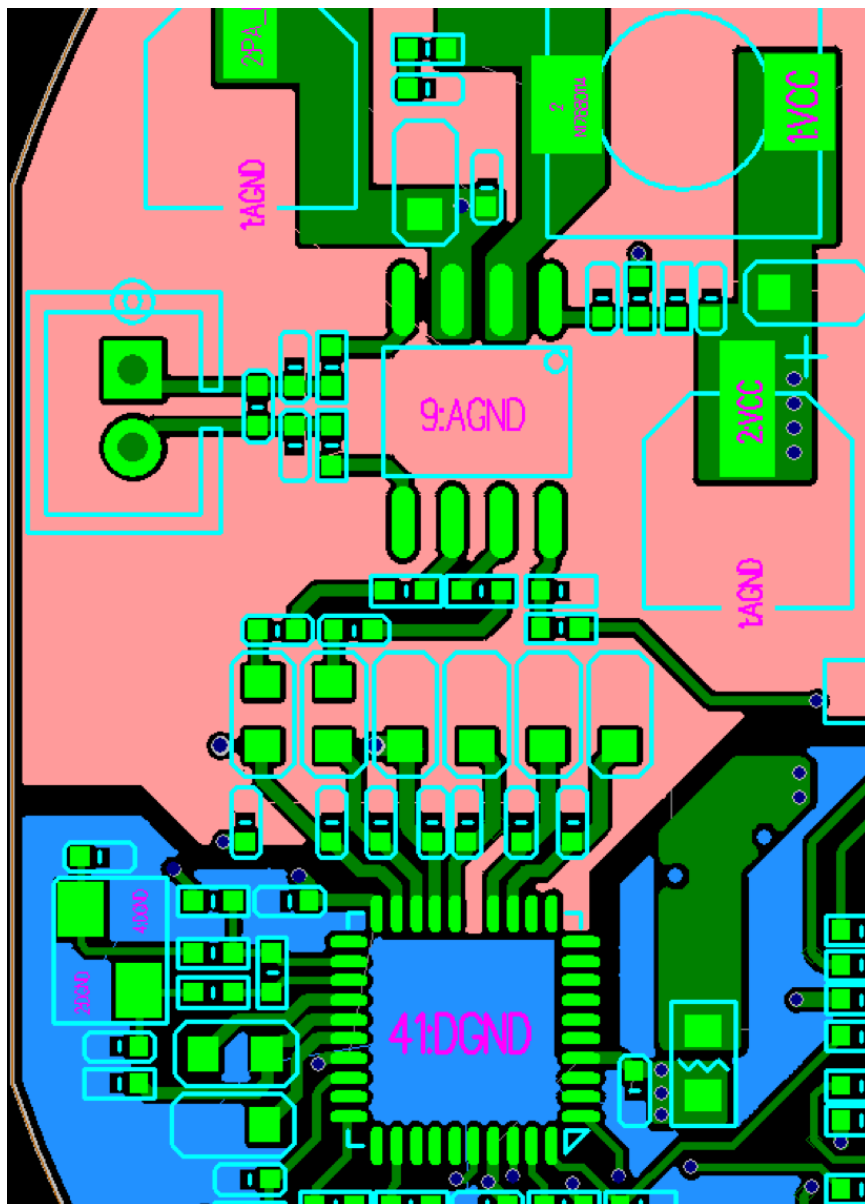


图 2-9. 芯片类器件摆放示例

2.3. 电源、地及信号线走线要点

2.3.1. 电源走线要点

电源走线的宽度、换层的过孔都需达到电流的要求：

- 1 mm 的线宽约可以通过 1 A 的电流；
- 一颗钻孔 0.25 mm 焊盘 0.5 mm 的过孔约可以通过 500 mA 的电流；
- 如铺铜箔，需仔细检查电源路径上的宽度，防止出现为避让其他属性的走线或过孔而造成瓶颈；



- 建议不同属性的电源走线之间用地线隔离，相邻层电源铺铜避免重叠在一起，以便减小彼此的干扰。

例如下图（红色、紫色为不同属性的电源铜，蓝色为地铜）：

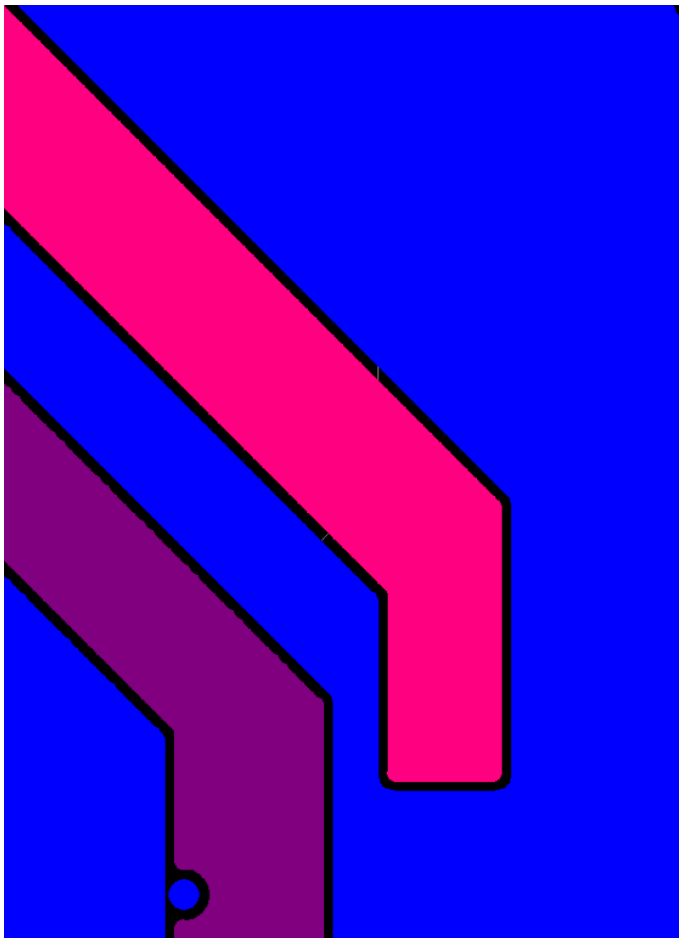


图 2-10. 电源走线示例

2.3.2. 地走线要点

不同类型的地平面需分割开，所有层保持分割线一致，中间相连的 OR 电阻周围多打地孔。器件（尤其电源的滤波电容）GND 管脚就近位置尽量多加地孔。

如芯片中间有散热焊盘，建议打 9 个以上地孔，且均匀分布。例如下图：

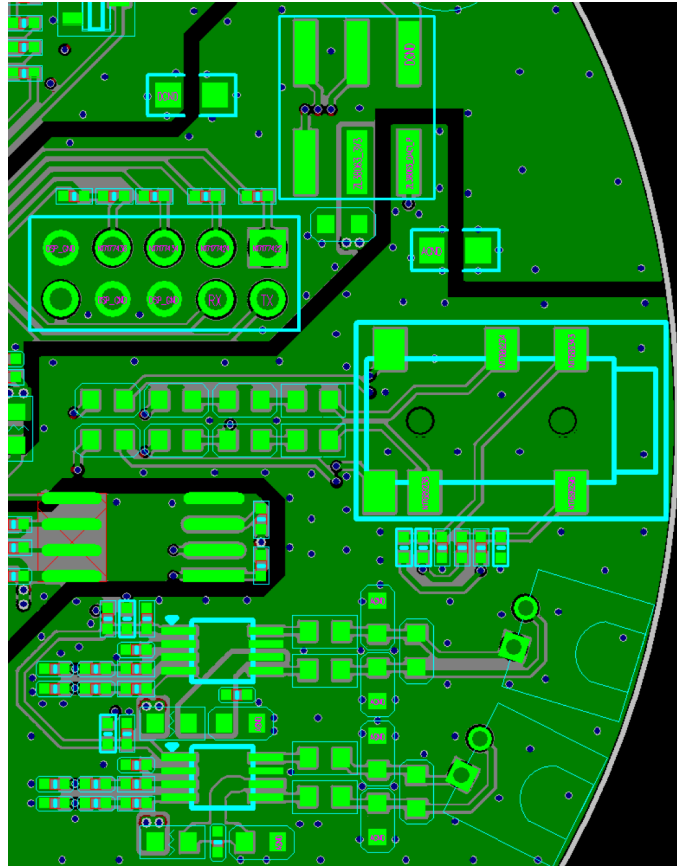


图 2-11. 地走线示例

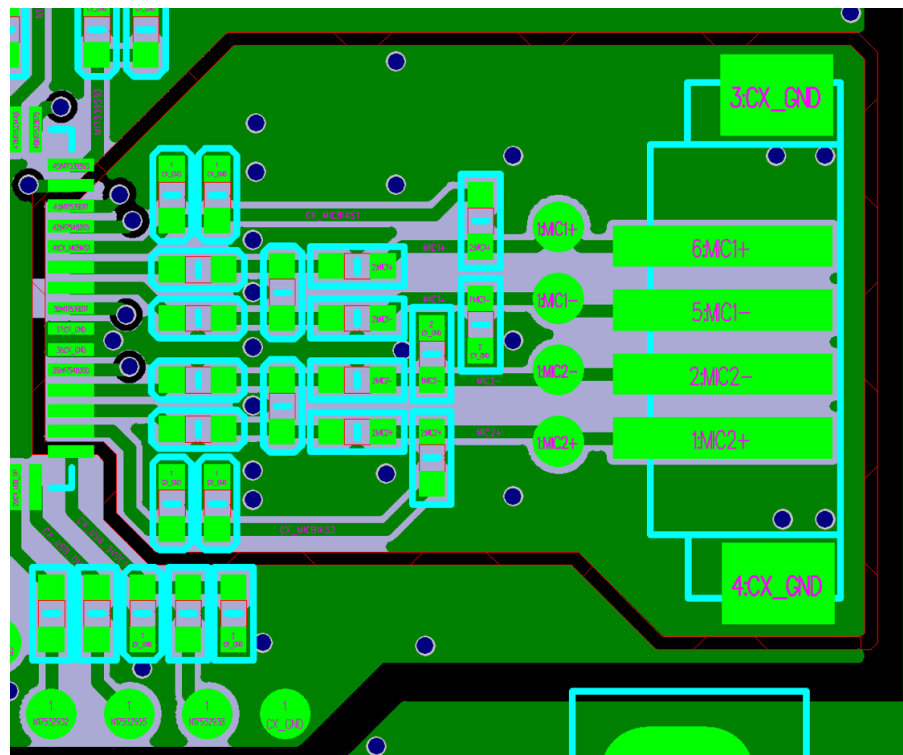


图 2-12. 地走线示例

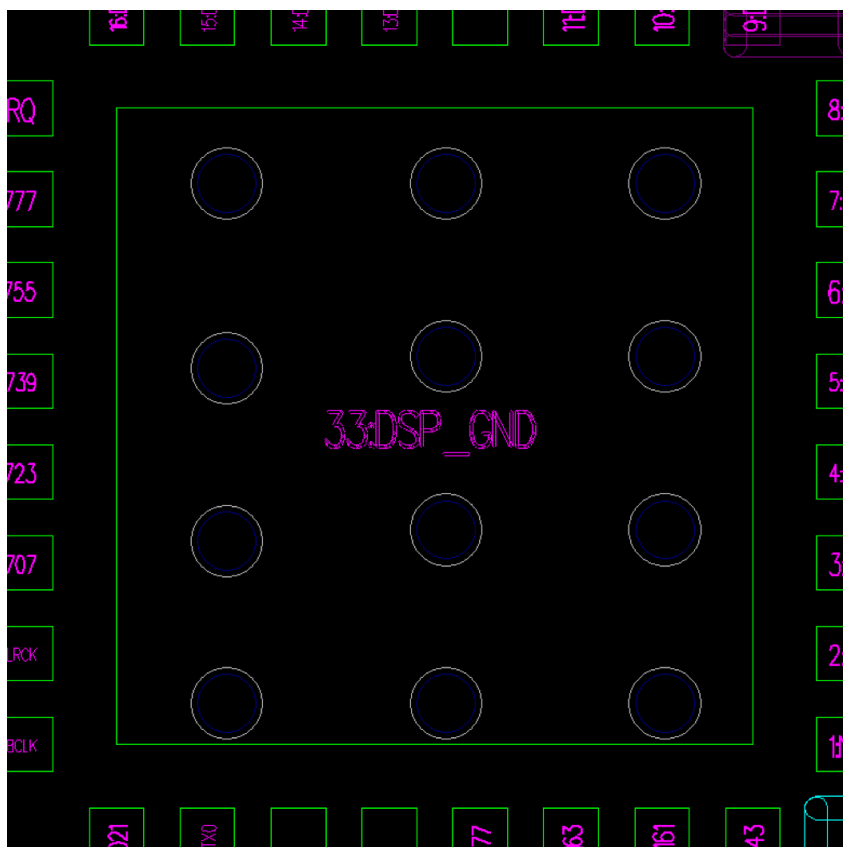


图 2-13. 地走线示例

2.3.3. 信号线走线要点

- I2C、I2S、UART，各自组内的走线需保持路径一致，线与线的间距尽量大一些，整组与其他走线建议用地线隔离，如受空间限制无法满足，拉大彼此之间的间距；
- 复位信号走线尽量短，与其他走线用地线隔离或拉大间距，以减小干扰；
- 音频类输入输出信号线，需用地线包裹，周围多加地孔进行屏蔽；
- 触摸板的走线必须参考相关的[指导规范](#)，才能达到最佳的性能效果。

例如下图（其中，蓝色为地铜）：



图 2-13. UART 走线示例

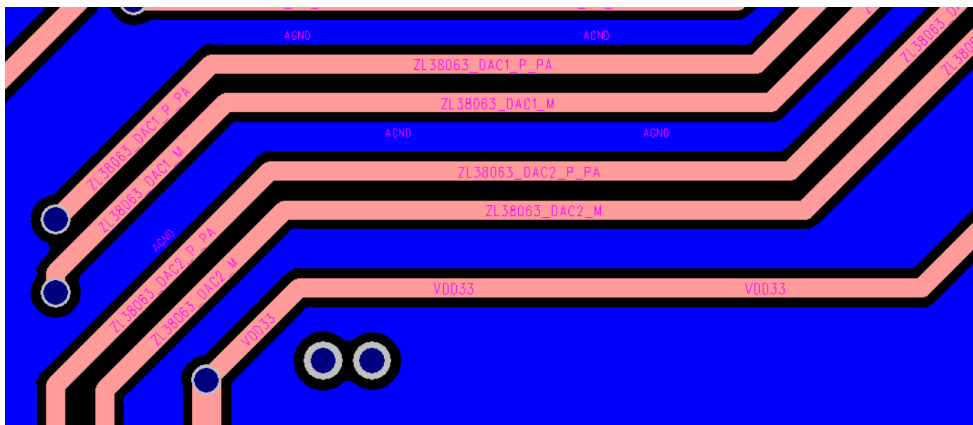


图 2-13. 音频信号走线示例

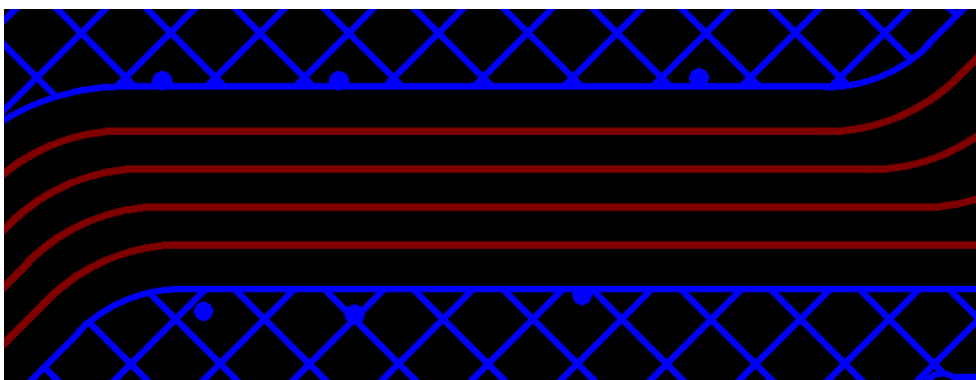


图 2-13. 触摸板走线示例



乐鑫 IoT 团队

www.espressif.com

免责声明和版权公告

本文中的信息，包括供参考的 URL 地址，如有变更，恕不另行通知。

文档“按现状”提供，不负任何担保责任，包括对适销性、适用于特定用途或非侵权性的任何担保，和任何提案、规格或样品在他处提到的任何担保。本文档不负任何责任，包括使用本文档内信息产生的侵犯任何专利权行为的责任。本文档在此未以禁止反言或其他方式授予任何知识产权使用许可，不管是明示许可还是暗示许可。

Wi-Fi 联盟成员标志归 Wi-Fi 联盟所有。蓝牙标志是 Bluetooth SIG 的注册商标。

文中提到的所有商标名称、商标和注册商标均属其各自所有者的财产，特此声明。

版权归 © 2019 乐鑫所有。保留所有权利。