

## 概述

SPC1068 是一个高速 MCU，且提供了强大的高频外设。这得益于它采用的高效 CMOS 工艺，但也使其复杂性大大提升。此外，SPC1068 还集成了高速的 ADC、DAC，会带来模拟电路和数字电路如何共同布局的挑战。比较常见的问题有：PCB 板上的走线可能会变成“天线”、悬空的管脚可能会消耗功率、不同的芯片或引脚间需要做电源管理。

SPC1068 可以以 150MHz 的主频工作，这个频率已经到了无线电的频率领域，未来的芯片还可能以更高的速度工作，所以 PCB 的走线和布局会更加重要。用户需要严格遵循关键原则来设计自己的 PCB，来避免后续产生不可预料的问题。

这份硬件设计指南将讨论时钟电路的设计、电源部分的设计和 PCB 的 layout。

---

注意： 本文档主要以 SPC1068 为例进行介绍。

---

## 目录

<b>1</b>	<b>时钟电路设计</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>PCB 布板建议</b> .....	<b>8</b>
2.1	旁路电容 .....	8
2.2	电源位置 .....	9
2.3	电路布局 .....	9
<b>3</b>	<b>管脚分配建议</b> .....	<b>11</b>

SPIN TROL

## 图片列表

图 3-1: 旁路电容设计 .....	8
图 3-2: 布局建议图 .....	9
图 3-3: 模数地线布局 .....	10

SPIN  
TROL

## 表格列表

表 4-1: 双电机单电阻无感 FOC 控制管脚分配.....	11
表 4-2: 双电机三电阻采样无感 FOC 控制管脚分配.....	12

SPIN TROL

## 版本历史

版本	日期	作者	状态	变更
C/0	2024-02-27	周佳莉	Released	首次发布。

SPIN TROL

## 术语或缩写

术语或缩写	描述
MCU	Microcontroller Unit, 微控制单元

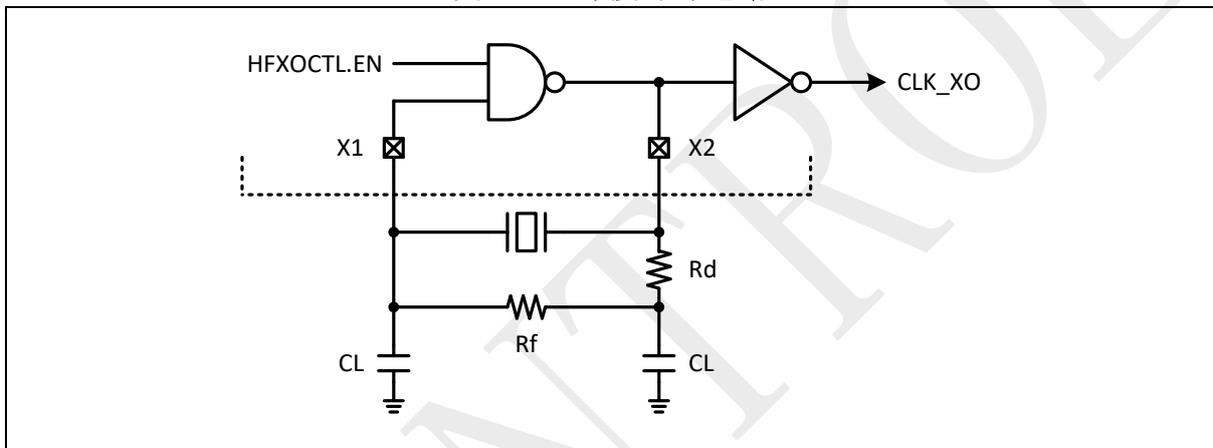
SPIN TROL

# 1 时钟电路设计

SPC1068 可以选用内部 RCO 或者外部时钟信号作为时钟源。当使用内部 RCO 的情况下，SPC1068 可以在其工作温度范围内保证  $\pm 1\%$  的时钟精度，可以满足绝大多数电机类应用。

当需要更高的时钟精度或者需要多系统间的时钟信号同步时，SPC1068 同样可以使用外部时钟信号：外接晶振或者外接时钟。对于外接晶振的情况，下图是其中的典型应用。

图 2-1: 外接时钟电路



如果选择外接晶振，其频率范围为 4MHz~10MHz， $R_f$  是偏置电阻，阻值一般选为 1M 欧姆。CL 的选取需要参考晶振的参数，不过一般可以选为 20pF 左右。如果选用外部振荡器，需要注意的是振荡器的频率需要在 4MHz~56MHz 之间。

## 如何选取外部晶振或振荡器？

一般来说，这个问题是从成本上来考虑的。外部晶振相比外部振荡器有成本上的优势。所以对单个 MCU 来说，一般会选择外部晶振作为其时钟源。但是在有些情况下，会有多个设备公用一个时钟源。而晶振的使用方法中是不推荐一个晶振接多个外部设备的，这个时候外部振荡器就有其优势了。

## 2 PCB 布板建议

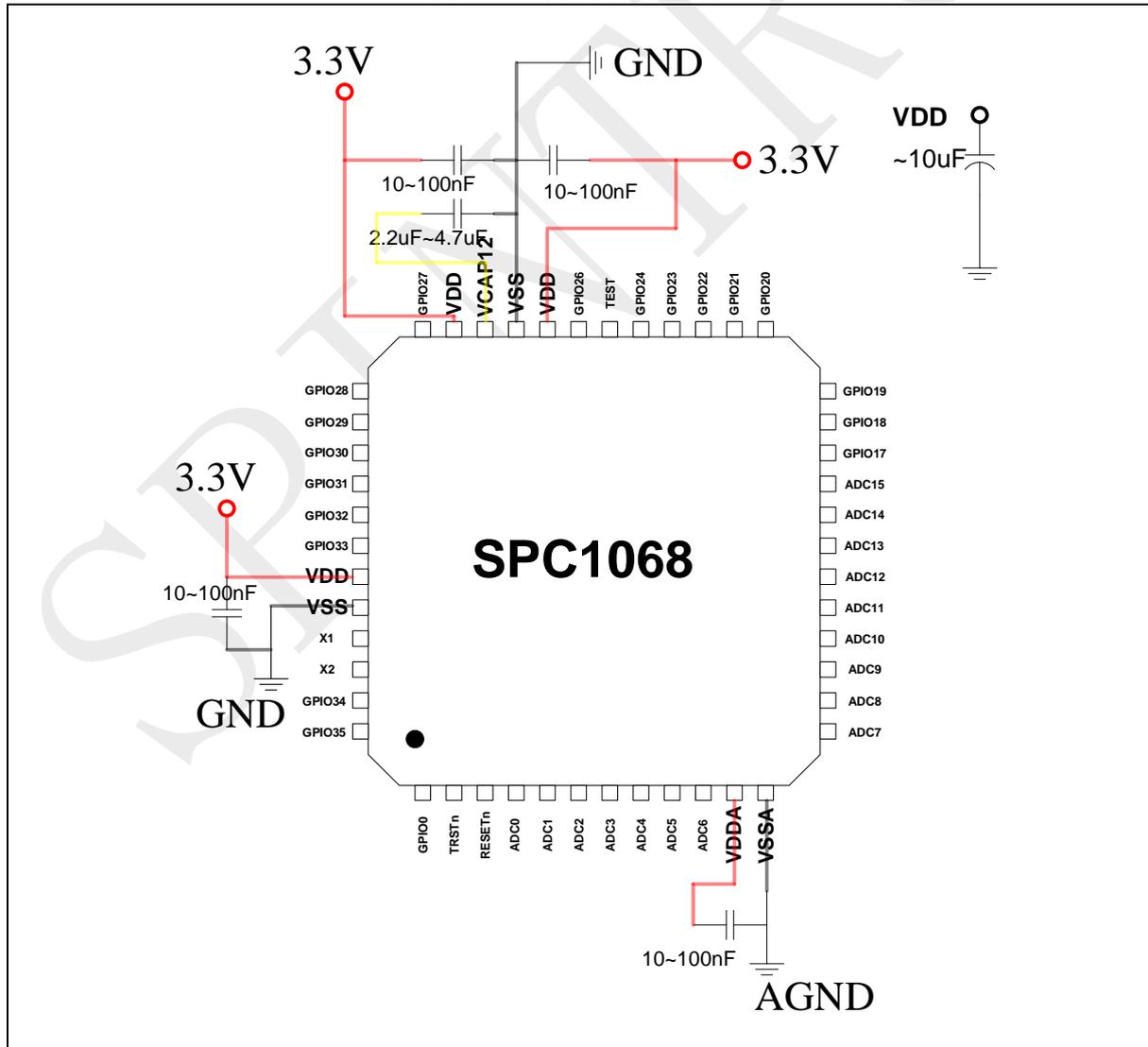
### 2.1 旁路电容

SPC1068 采用高速 CMOS 工艺，在低能耗的前提下实现了优异的高速性能。不过 CMOS 电路在每个电平转换期间，都会有消耗较大的电流，在电源端产生尖峰。这些尖峰需要通过在电源端增加旁路电容来消除。

具体的方法是，在每个电源正端都增加旁路电容连接到地线，且这些电容需要尽量靠近芯片的电源管脚。典型的旁路电容为 10nF 到 100nF，尽量选取等效串联电阻较小的陶瓷电容。

另外，在 VDD 和 GND 之间，增加至少一个容量为 10 $\mu$ F 左右的电容，对电压进行稳定。

图 2-1: 旁路电容设计



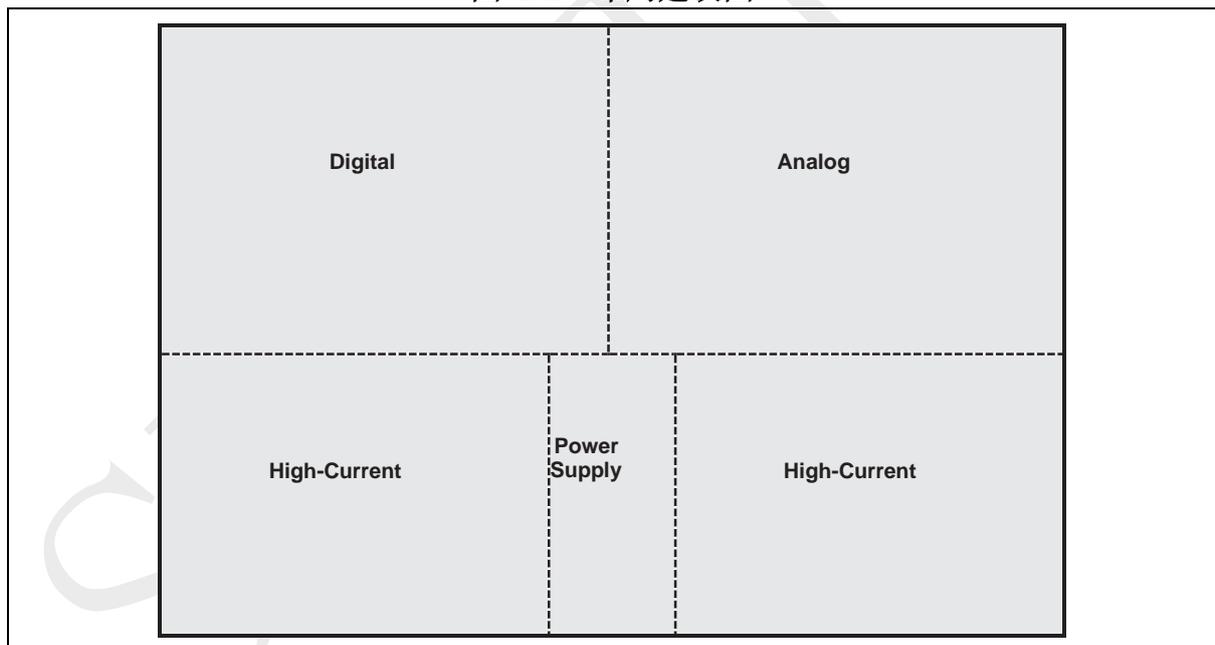
## 2.2 电源位置

理想状况下，LDO 等电源芯片应该避免线路过长。而 MCU 一般布放在 PCB 中间的位置，因为它需要连接到各个方向上不同的设备。而 SPC1068 的封装是 TQFP48，在芯片的四个方向上都有电源引脚，所以电源芯片或者电路，可以选择放在靠近 SPC1068 某一边的中间的位置。当然，由于 LDO 等电源芯片常常会有较大的发热，所以也不是离 MCU 越近越好。

## 2.3 电路布局

SPC1068 的典型应用中会包括：模拟电路，数字高频电路（SPI 数字通信等）、大电流开关（比如 MOSFET 驱动）等。在 PCB 布局的时候，要考虑尽量把他们分开布局，比如把时钟、串行通信等电路放在 Digital 部分，电机电流采样等放在 Analog 部分，Mosfet 的驱动放在 High Current 部分。下图展示了其中一种布局建议。

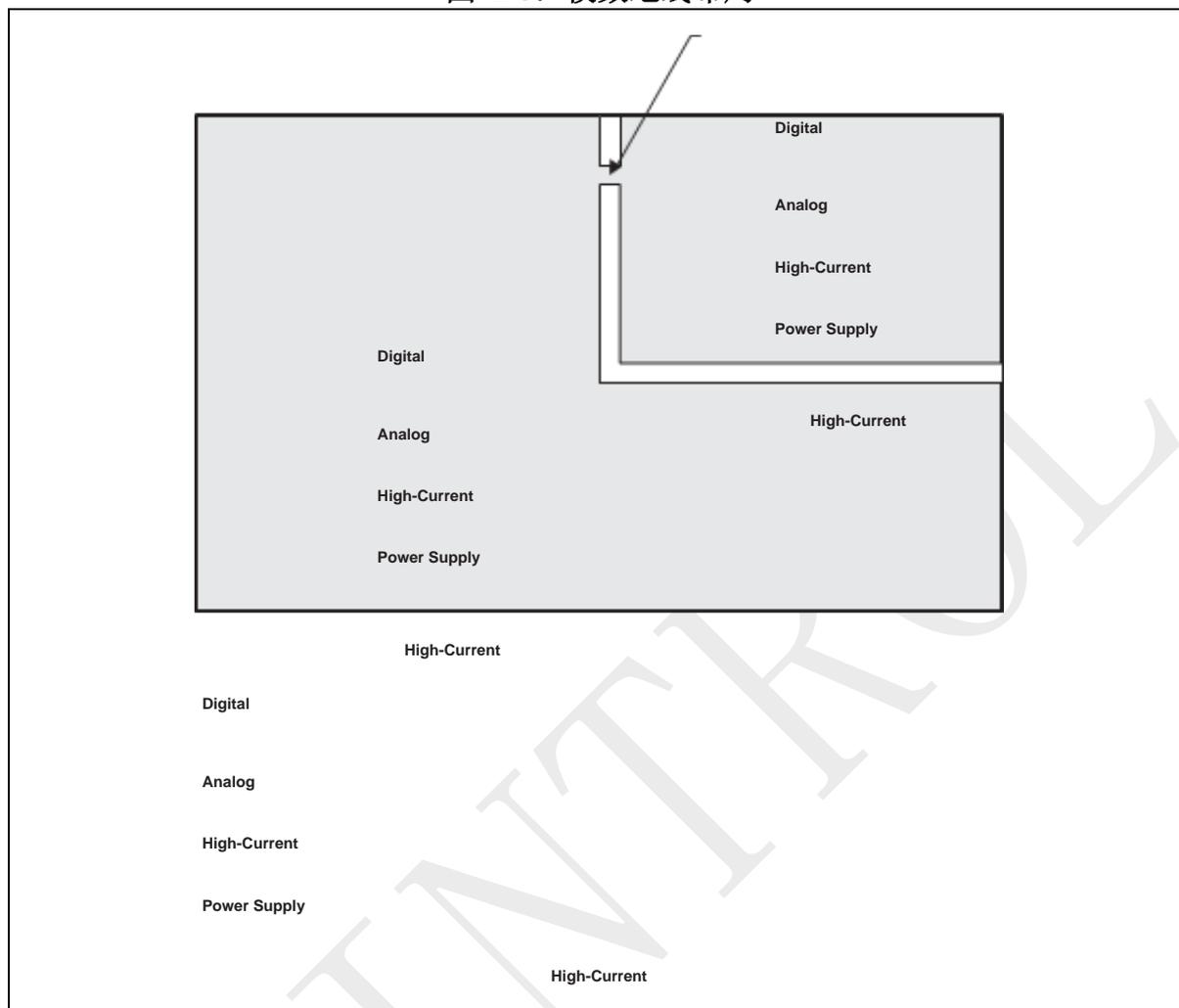
图 2-2: 布局建议图



PCB 的底线往往是噪声和 EMI 控制最关键的区域，而最可行的办法就是把不同的地线分开。对于各种信号来说，它们都会找到一条地线回到自己的电流源，而在它通过地线回到电流源的通路上，就会对通路上其他的信号造成一定的影响。

对于模拟信号和数字信号共同通路的情况下，数字信号往往就会影响到模拟信号的精确性。对于很多电路设计来说，往往数字电路和模拟电路会公用一个电源（LDO），这时要注意分开它们的地线，其中特别要注意的是，它们之间并不能完全隔绝，需要在某一点连接在一起。下图展示了一种隔离和连接模拟地线和数字地线的方法。

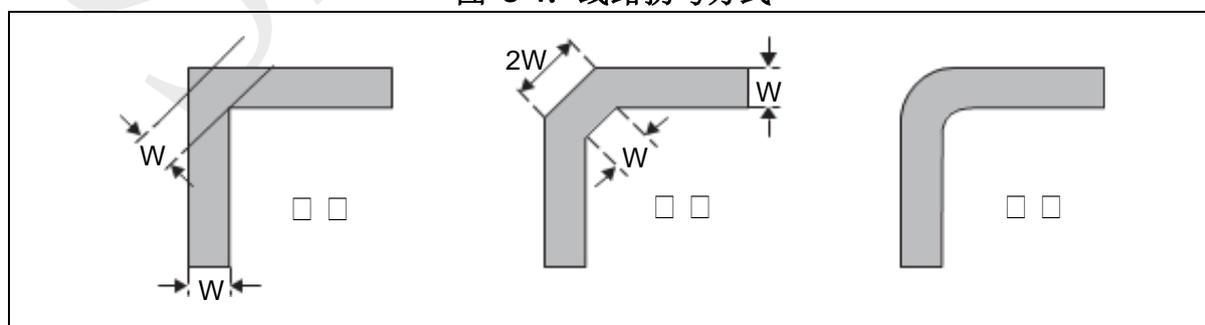
图 2-3: 模数地线布局



另外还有要注意的就是线路的直角转弯会导致更强的干扰，因为在直角转弯处，线路的电容值会增加，导致线路的阻抗特性发生改变，这种改变会增加电路的线路反射。

为了减小这种现象，在线路拐弯的时候不要用直角拐弯，请使用下图推荐的两种拐弯方式。

图 3-4: 线路拐弯方式



为了减小线路间的互绕，除了同一层的线路间需要注意外，相邻两层的线路也要注意，最好能够让两条线路 90°相交，而不是一直相邻的平行布线。

### 3 管脚分配建议

SPC1068 资源丰富，为无感 FOC 电机控制作了专门的优化,可以适用于以下各种方式的电机控制。

#### 1. 双电机单电阻采样无感 FOC 控制

表 3-1: 双电机单电阻无感 FOC 控制管脚分配

管脚名称	管脚功能	备注
GPIO0		
TRSTn		
RESETn		
ADC0	OVS	采集母线电压
ADC1	IDC-	总电流两端，输入 PGA
ADC2	IDC+	
ADC3		
ADC4		
ADC5		
ADC6		
VDDA		
VSSA		
ADC7	VSP	调速输入
ADC8	Rth	模块温度反馈（可选）
ADC9	VSP2	调速输入
ADC10	IDC2-	总电流反馈，输入 PGA
ADC11	IDC2+	
ADC12		
ADC13	DIR2	方向控制
ADC14	Fault2	模块告警
ADC15		
GPIO17	SW2	电机 2 PWM 波
GPIO18	SZ2	电机 2 PWM 波
GPIO19	SV2	电机 2 PWM 波
GPIO20	SY2	电机 2 PWM 波
GPIO21	SU2	电机 2 PWM 波
GPIO22	SX2	电机 2 PWM 波
GPIO23	ON/OFF	总开关控制
GPIO24	Fault	模块告警
GPIO25	DIR	方向控制
GPIO26	I2CSDA	I2C 接口
VDD		
VSS		
VCAP12		

VDD		
GPIO27	I2CSCL	I2C 接口
GPIO28	SW	电机 1 PWM 波
GPIO29	SZ	电机 1 PWM 波
GPIO30	SV	电机 1 PWM 波
GPIO31	SY	电机 1 PWM 波
GPIO32	SU	电机 1 PWM 波
GPIO33	SX	电机 1 PWM 波
VDD		
VSS		
X1		
X2		
GPIO34		UART_RX
GPIO35		URAT_TX

## 2. 双电机三电阻采样无感 FOC 控制

在这种方案里，由于 SPC 1068 的三个内部 PGA 都已经分配给第一个电机，所以对于第二个电机，需要增加外置运放。

表 3-2: 双电机三电阻采样无感 FOC 控制管脚分配

管脚名称	管脚功能	备注
GPIO0		
TRSTn		
RESETn		
ADC0	OVS	采集母线电压
ADC1	IA-	A 相电流两端，输入 PGA
ADC2	IA+	
ADC3	IB-	B 相电流两端，输入 PGA
ADC4	IB+	
ADC5	IC-	C 相电流两端，输入 PGA
ADC6	IC+	
VDDA		
VSSA		
ADC7	VSP	调速输入
ADC8	Rth	模块温度反馈（可选）
ADC9	VSP2	调速输入
ADC10	IA2	A 相电流反馈
ADC11	IB2	B 相电流反馈
ADC12	IC2	C 相电流反馈
ADC13	DIR2	方向控制
ADC14	Fault2	模块告警
ADC15		
GPIO17	SW2	电机 2 PWM 波
GPIO18	SZ2	电机 2 PWM 波

GPIO19	SV2	电机 2 PWM 波
GPIO20	SY2	电机 2 PWM 波
GPIO21	SU2	电机 2 PWM 波
GPIO22	SX2	电机 2 PWM 波
GPIO23	ON/OFF	总开关控制
GPIO24	Fault	模块告警
GPIO25	DIR	方向控制
GPIO26	I2CSDA	I2C 接口
VDD		
VSS		
VCAP12		
VDD		
GPIO27	I2CSCL	I2C 接口
GPIO28	SW	电机 1 PWM 波
GPIO29	SZ	电机 1 PWM 波
GPIO30	SV	电机 1 PWM 波
GPIO31	SY	电机 1 PWM 波
GPIO32	SU	电机 1 PWM 波
GPIO33	SX	电机 1 PWM 波
VDD		
VSS		
X1		
X2		
GPIO34		UART_RX
GPIO35		URAT_TX

### 3. 单电阻采样无感 FOC 控制

单电阻采样情况下，一般推荐使用 SPC1068 的内部 PGA 进行电流采样，这样组合很灵活。在实际选择上，可以在双电机单电阻采样无感 FOC 的两个电机管脚分配中选择一种就好。

### 4. 三电阻采样无感 FOC 控制

三电阻采样，推荐使用 SPC1068 内部的 3 个 PGA 做三相电流的采样，同时可以级联比较器进行过流保护。实际的选择，如果不使用外部运放，可以直接采用双电机三电阻采样方案中的第一个电机的管脚分配；如果需要使用外部运放，则可以使用第二颗电机的管脚分配。