



南京凌鸥创芯电子有限公司

# LKS08x 系列平台洗衣机应用 评估板硬件使用说明

此文档的目的在于让使用者能够快速熟悉应用评估板，了解评估板功能、使用说明、注意事项，以及如何与软件配套与使用。

© 2024, 版权归凌鸥创芯所有  
机密文件，未经许可不得扩散

## 目 录

<b>1 硬件评估板说明</b>	<b>3</b>
1.1 文档说明	3
1.2 评估板功能简介	3
1.3 评估板布局	4
1.4 评估板主要参数	6
1.5 评估板原理图	7
1.6 评估板使用硬件设置	13
<b>2 如何与软件配套使用评估板</b>	<b>16</b>
2.1 评估板调试关键步骤说明	16
2.2 硬件简易问题排查	18
<b>3 评估板原理图、PCB 布局和物料清单</b>	<b>19</b>
3.1 原理图布局	19
3.2 PCB 布局	19
3.3 物料清单	20
<b>4 其他信息</b>	<b>23</b>
4.1 参考资料	23
<b>5 历史版本</b>	<b>24</b>
<b>6 声明</b>	<b>25</b>

## 1 硬件评估板说明

### 1.1 文档说明

本文档基于 LKS32MC081C8T8 MCU 为 BLDC 洗衣机应用设计评估板，工作系统电源采用晶丰明源低待机功耗非隔离降压芯片 BPA8505D，电机驱动模块采用 IPM 集成，双电阻采样，兼顾母线过流检测和 IPM 温度检测，评估板集成化程度高，PCB 布局面积小。

本文档配合评估板应用软件说明，针对大负载启动，OOB, LOAD 检测，高速弱磁功能，具有硬件过流保护、软件过流、过压欠压保护、温度保护功能。

本文档详细描述了评估板硬件使用说明、注意事项和后续配合软件带电机如何快速上手以及注意事项，此文档说明包含了硬件电路原理图说明，印刷电路板（PCB）布局图、物料清单。

文档说明	LKS08x 系列平台洗衣机应用评估板硬件使用说明
版本	V1.0
日期	2024.9.9
适用 MCU	LKS32MC081C8T8
编制	Yxh

### 1.2 评估板功能简介

本评估板为单变频电机评估板，主控芯片为 LKS32MC081C8T8，主频 96MHz，64KB Flash, 8K RAM。系统电源包括采用 BPA8505D 实现直流母线电压至 15V 的降压，78M05 将 15V 电压转换为 5V 为 MCU 供电。如图 1.1 所示为评估板电机控制系统硬件框架。

LKS\_EVB\_HV\_6N\_081\_Washer 的设计考虑了环境条件。然而在整个工作温度范围或寿命范围内，该板在安全要求、制造和操作方面尚未测试。凌鸥提供的电路板仅进行功能测试。

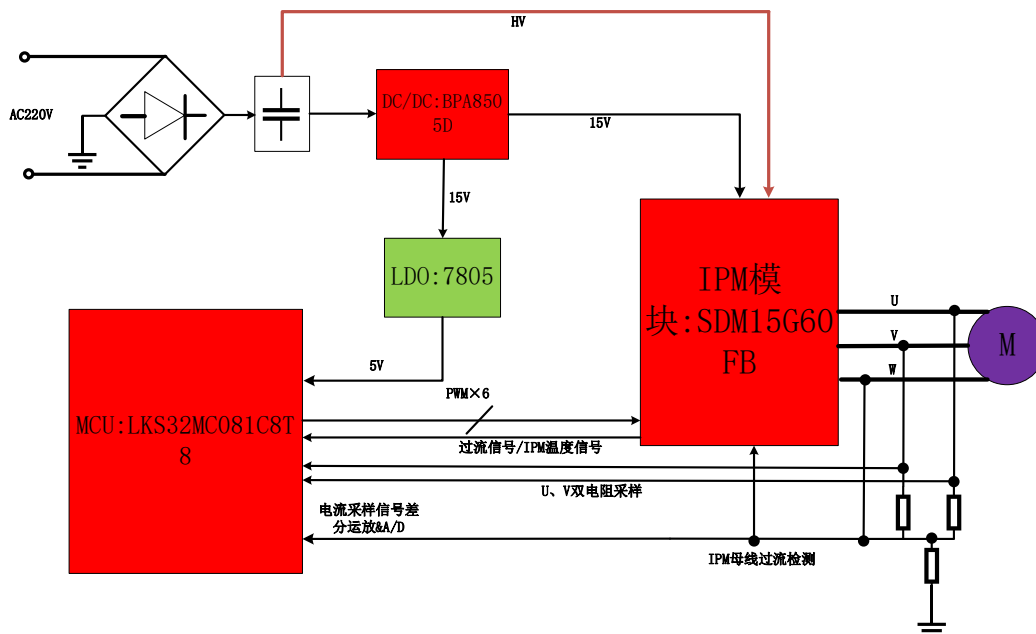


图 1.1 评估板电机控制系统硬件框架

## 功能描述

- 输入电压 176-265VAC
- 电机功率最大输出 600W(散热器)
- 15V、5V 系统电源
- 预留无源功率因数校正电抗器位置
- 过流保护、过温保护
- 过压欠压驱动、U、V 相电流双电阻采样
- 母线电压采样、反电动势采样
- UART 隔离通讯

## 1.3 评估板布局

如图 1.2 和 1.3 所示分别为评估板 Top 层和 Bottom 层布局。

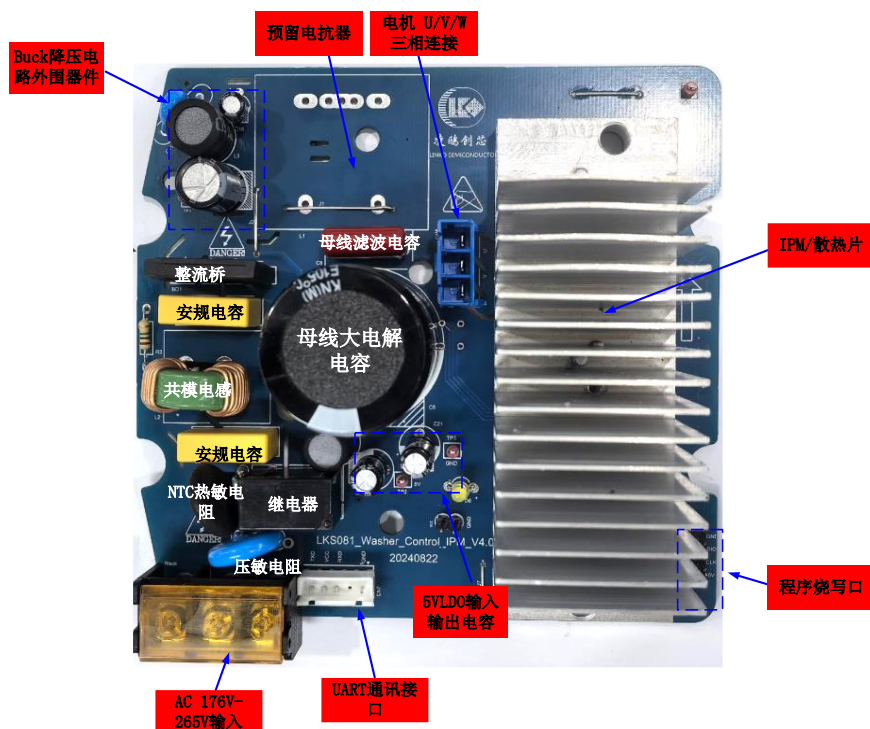


图 1.2 评估板 Top 层布局

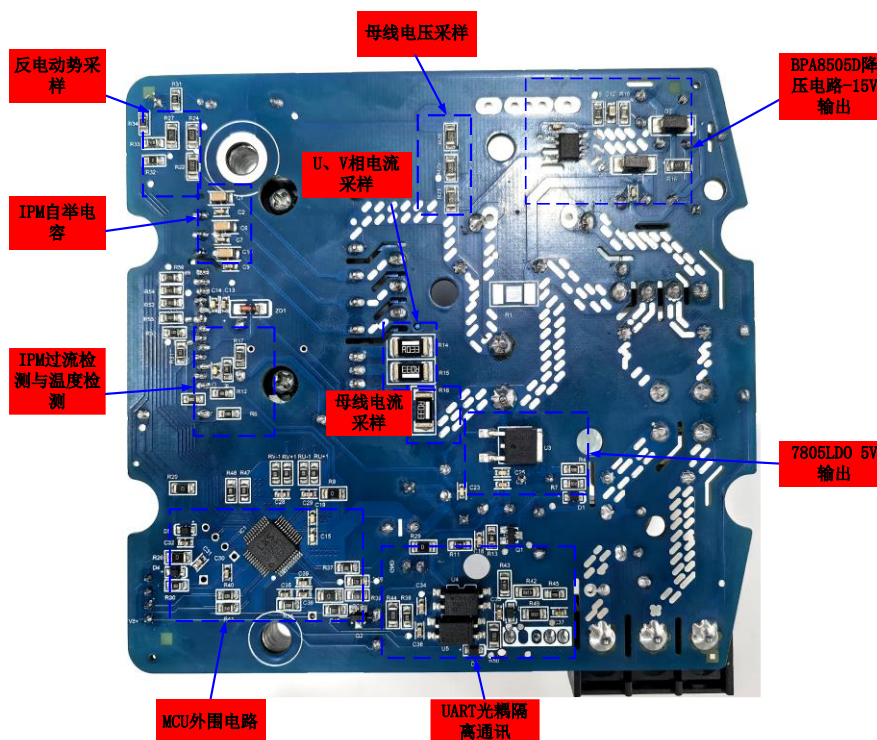


图 1.3 评估板 Bottom 层布局

### (1) 评估板供电

评估板通过高压端子单相交流供电，供电电压在 176V-265V 之间，上电时应注意 L、N 线接入方向。电机接口通过针座端子连接电机。LED 指示灯下预留 VCC/GND2pin 排针，单为 MCU 及外围电路供电，可直接供 5V 电，调试 MCU 运行情况（串口测试、GPIO 测试

等)。

#### (2) 前级 AC-DC 电路

前级电路主要包括压敏电阻、NTC 热敏电阻、继电器、安规电容、共模电感、整流桥和母线大电解电容输出直流母线电压，其中 NTC 热敏电阻型号为 47D15，热敏电阻的阻值应使得上电启动时的瞬时电流不超过整流桥最大峰值电流。大电解电容容值为 390 $\mu$ F/450V，整流桥为 800V/15A。

#### (3) Buck 电路

Buck 电路采用非隔离式降压芯片 BPA8505D，输出电压和电流为 15V/250mA，为 IPM、继电器和后级 5V LDO 供电。电路内部选型分析具体参考 1.4 (2)。

#### (4) LDO 电路

15V 经过 LDO (78M05) 电路降压成 5V 为 MCU 和 UART 通讯电路供电。

#### (5) MCU 外围电路

采用 LKS32MC081C8T8 96MHz 电机控制 MCU，5V 供电。

#### (6) IPM 模块

采用 SDM15G60FB 智能功率模块驱动电机，VCC 15V 供电，内部集成三相全桥高压栅极驱动电路和 600V/15A 的 IGBT，外围配置过流检测和 IPM 温度检测电路。

#### (7) UART 通讯电路

采用 PC817 光耦隔离通讯，支持全双工、异步通讯。

#### (8) 采样电路

电机电流采用 U、V 相双电阻采样，母线电流采样电阻为 33m $\Omega$ ，封装为 2512 功率为 1W，若应用大功率，电机相电流超过 5A 的情况下推荐使用 3W。

本评估板包括母线电压采样和反电势采样电路。

### 1.4 评估板主要参数

评估板的参数说明请见表 1.1。

表 1.1 LKS\_EVB\_HV\_6N\_081\_Washer 评估板参数

参数	范围	条件/说明
输入		
电压	176-265VAC	
电流 <sup>[1]</sup>	5A <sub>Max</sub>	输入 230VAC, Ta=25°C
输出		

续表 1.1

功率（三相）	600Wmax	输入 230VAC, PWM 载波频率=16kHz, Ta=25°C
<b>直流母线电压</b>		
最大直流母线电压	375V	
最小直流母线电压	250V	
<b>载波频率</b>		
变频载波频率	16kHz	典型值, 最大 20kHz
<b>电流反馈</b>		
相电流采样电阻	33mΩ	
母线电流采样电阻	33mΩ	
<b>板载电源</b>		
15V	15 V ± 2 %, max250mA	BPA8505D, Ta=25°C
5V	5 V ± 2 %, max100mA	7805LDO, Ta=25°C
<b>PCB</b>		
板材	FR4, 1.6mm 板厚, 双面板, 35 μm 铜厚	
尺寸	118.73mm*112.39mm	

[1]: 电流为有效值

## 1.5 评估板原理图

评估板原理图说明如下:

### （1） AC-DC 整流与继电器开关电路

本评估板大电解电容为 390μF/450V, 电容选型应注意事项（上电时序）: 由于 LDO 和大电解电容, 5V 相较于 15V 上升速度更快, MCU 开始工作时, 先采母线电压, 当达到设定阈值时, Fault 检测开始, 若此时 IPM 没有达到正常工作值会导致 IPM 的 FO 引脚拉低误报上电过流。因此容值过大会导致直流母线电压上电缓慢。NTC 选取应使得上电时浪涌电流小于整流桥二极管最大瞬时电流, 以保护整流桥。正常上电后, MCU 驱动继电器闭合。

## POWER SUPPLY FOR IPM&MCU

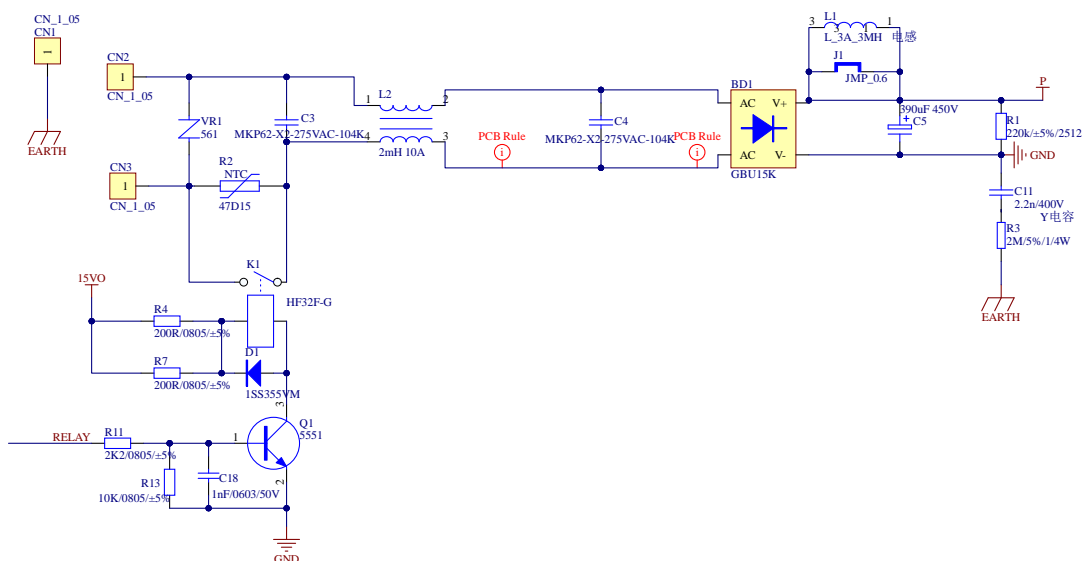


图 1.4 AC-DC 整流与继电器开关电路

### (2) Buck 降压电路

BPA8505D 内部集成 700V 高压 MOSFET，低待机功耗<100mW，满载运行纹波电压小于 50mV，通过外部分压电阻 R5/R10 分压后与内部基准电压比较，产生的误差信号经内部放大后控制峰值电流和开关频率，从而调整输出电压 VOUT，计算公式如图所示。内部基准电压为 1.7V。注意事项：VO 输出需留有裕量，反馈二极管和续流二极管选用导通电压较低型的快恢复二极管，C12：改善动态响应和减少启动时电压过冲，取值在 4.7uF，PCB 布线：尽量减小反馈路径和续流电感回路面积，电感下方尽量不走线。

降压电路 15V 输出与 LDO15V 输入串接 1mH 电感，与前级输出电容和后级输入电容组成 II 型滤波减少差模干扰。7805LDO 最大带载输出 5V/150mA。

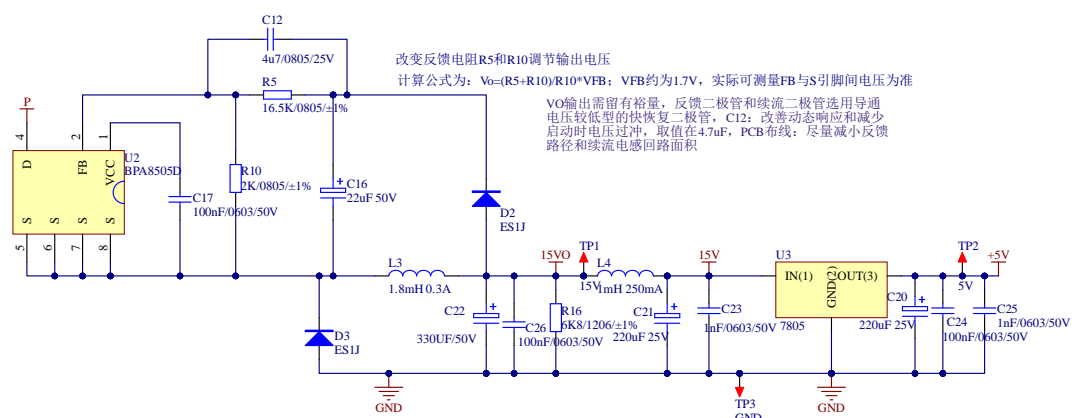


图 1.5 Buck 降压电路

### (3) 电机驱动电路



如图 1.6 所示，电机驱动模块采用 SDM15G60FB，内置自举二极管，自举电容采用 4.7μF/1206 封装，母线电压输入并接 100nF/630V 薄膜电容滤波，15V 输入并接 18V 稳压管，NU、NV、NW 为 IGBT 下管电流输出，采用双电阻差分运放采样，阻值为 33mΩ，差分运放外部匹配电阻值为 1kΩ，MCU 内置反馈电阻 R2/R1，阻值选择通过配置寄存器，具体可查阅[用户手册](#)，最终放大倍数为 R2/（R1+1kΩ）。

以 R2/R1 为 190/20.4 为例，ADC 量程选择 3.6V，则差分增益系数 Gain=190/（20.4+1）=8.8785，最大相电流采样范围为

$$IPGA = \frac{3.6V}{R_{shunt} * Gain} = \frac{3.6V}{33m\Omega * 8.8785} \approx 12.287A \quad (1.1)$$

母线电流采样输出 CSC 接入 IPM 的 ITRIP 引脚。当过流发生时，IPM 首先触发硬件过流关断 IGBT，延迟时间常数  $\tau = R * C$ 。然后 FO 引脚输出为低电平有效给 MCU 的 MCPWM\_Break 引脚从而触发软件过流关闭 PWM 输出。实测最小 VCSC=0.43V 触发，具体可参考 IPM 数据手册和实际测量，在短路保护电路，请选择时间常数在 1.5~2 μs 范围内的 R17 和 C27，同时 R17 和 C27 周边的接线都应尽量短。R17 接线应靠近分流电阻 R19。VCSC 电压可通过配置 R19 分压电阻进行调节从而配置过流触发电流阈值，计算公式如式 1.2 所示

$$I_{shunt} = \frac{R17+R19}{R19} * \frac{VCSC}{R_{shunt}} = \frac{1k+10k}{10k} * \frac{0.43}{33m\Omega} \approx 14.331A \quad (1.2)$$

考虑分流电阻的影响，过流信号 VCSC 上升时间  $t$  大致公式如式 1.3 所示。其中电机运行电流  $I_{shunt}=2A$ ，当运行电流越接近过流值，过流上升时间  $t$  越小。

$$t = -RC * \ln \frac{I_{shunt} * R_{shunt} * \frac{R19}{R17+R19}}{VCSC} = -1k\Omega * 1nF * \ln \frac{2A * 33m\Omega * \frac{10k}{1k+10k}}{0.43V} \approx 1.969\mu s \quad (1.3)$$

IPM 外置温度输出电压引脚与 MCU 的 ADC 采样引脚相连，当 IPM 工作在 100°C 时，最大输出电压为 3.1V 在 ADC 量程范围内。为保证过流保护、温度检测电压准确，RC 滤波电路都应尽量靠近对应触发引脚，PCB 走线应尽量短。

## MOTOR DRIVER MODULE

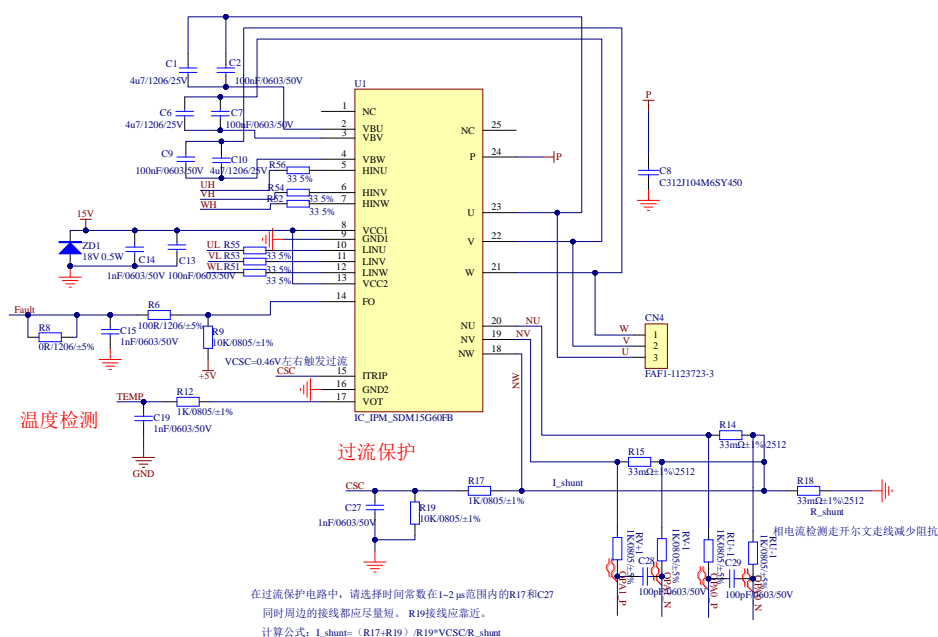


图 1.6 电机驱动模块

#### (4) 采样电路

母线电压采样和反电动势检测电路如图 1.7 所示，采用电阻分压方法获取母线电压和反电动势电压。电阻分压比= $4.7k/(3*220k+4.7k)=0.007070859$ ，当 ADC 采样量程选择 3.6V 时，最大采样电压范围： $3.6/0.007070859=509V$ ；VDC 采样在量程的 20%-80%（118V-407.2V）时效果更好。

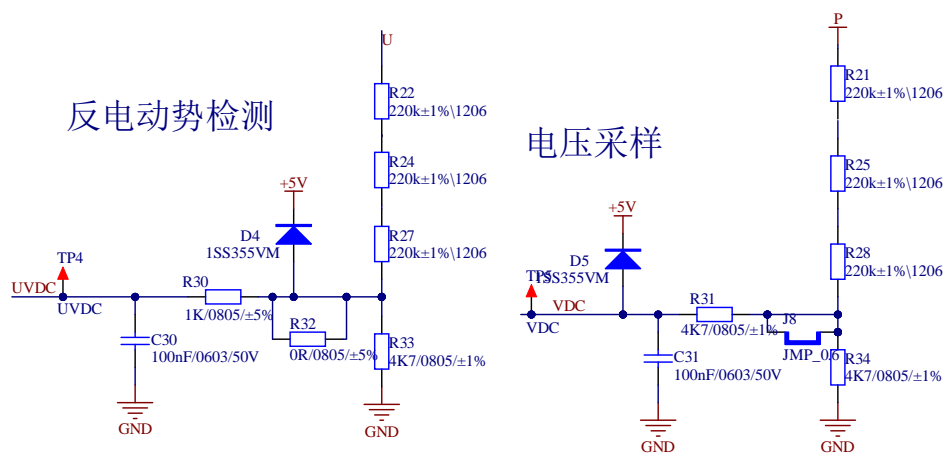


图 1.7 采样电路

### (5) UART 隔离通讯电路

如图 1.8 所示, 采用 PC817 光耦隔离, 正逻辑通讯。

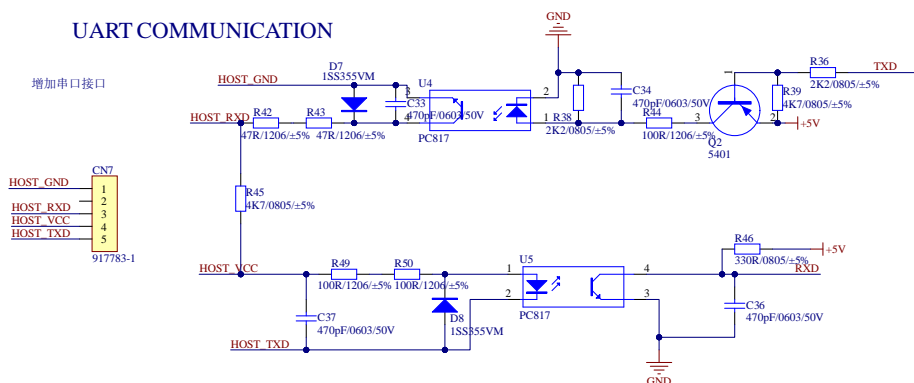


图 1.8 UART 隔离通讯电路

#### (6) MCU 引脚配置和外围电路

LKS32MC081C8T8 支持单电机驱动，本评估板采用 PWM0、1、2 三对 6 路输出，OPA0 和 OPA1 两个运放采集 U、V 相电流。ADC0 通道 12 采样母线电压，ADC0/1 通道 5 采集 IPM 温度，ADC0 通道 14 采集反电动势电压。请注意：当 MCU 有多个 ADC 模块时，ADC 模块有优先级顺序，重要信号（母线电压、电流、温度等）使用 ADC0 优先。Pin 脚 2 可作为芯片复位引脚，Pin 脚 12 作为 GPIO2.12 功能驱动 LED 指示灯，Pin 脚 16 作为 MCPWM 刹车引脚，当发生过流时，IPM 输出 FO 低电平，触发 MCU 发生内部 FAIL1 事件关断 PWM。Pin 脚 1 作为 GPIO 功能为继电器驱动信号。Pin 脚 9、10 为 URAT 串口主通讯，在整机测试时使用，同时预留 Pin 脚 33、34 作为调试串口。具体引脚配置可参考表 1.2。

在 PCB 走线时应注意差分运放走线，减少信号相互延迟干扰，配置软件时应对零输入时差分运放产生的偏置误差进行测量并剔除。Pin 脚 25、26 可作为外部晶振引脚，本评估板不采用外部晶振，引脚接下拉电阻接地。当采用外部晶振电路提供内部时钟，可先对晶振信号进行测量，注意温度对晶振精度的影响。由于晶振引脚靠近运放引脚，实测发现在 PCB 走线时应注意高频晶振信号对运放采样小信号的影响。详见硬件注意事项。

程序下载采用 4 线 SWD 接口。

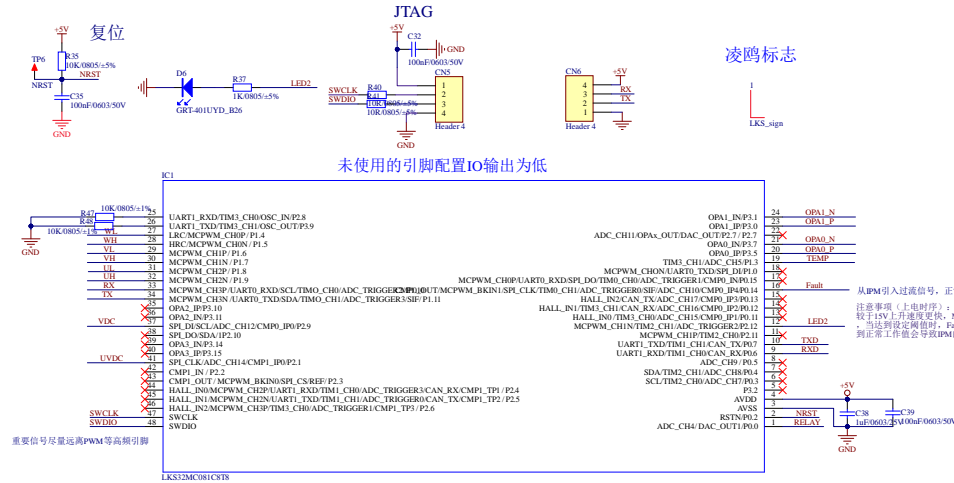


图 1.9 MCU 引脚配置和外围电路

表 1.2 MCU 引脚配置及功能

引脚号	端口号	引脚标签	复用功能	用途
1	P0.0	RELAY	/	继电器控制
2	P0.2	NRST	RSTN	复位引脚
3	AVSS	GND	/	芯片地
4	AVDD	AVDD	/	芯片供电电源
9	P0.6	RXD	UART1_RXD	串口通讯数据接收
10	P0.7	TXD	UART1_TXD	串口通讯数据发送
12	P2.12	LED2	/	MCU 工作指示灯
16	P0.14	Fault	MCPWM_BKIN1	电机过流刹车引脚
19	P1.3	TEMP	ADC_CH5	IPM 温度采样
20	P3.5	OPA0_P	OPA0_IP	U 相电流采样正端
21	P3.7	OPA0_N	OPA0_IN	U 相电流采样负端
23	P3.0	OPA1_P	OPA0_IP	V 相电流采样正端
24	P3.1	OPA1_N	OPA1_IN	V 相电流采样负端
27	P1.4	WL	MCPWM_CH0P	栅极驱动 W 相低边输出
28	P1.5	WH	MCPWM_CH0N	栅极驱动 W 相高边输出
29	P1.6	VL	MCPWM_CH1P	栅极驱动 V 相低边输出
30	P1.7	VH	MCPWM_CH1N	栅极驱动 V 相高边输出
31	P1.8	UL	MCPWM_CH2P	栅极驱动 U 相低边输出



32	P1.9	UH	MCPWM_CH2N	栅极驱动 U 相高边输出
33	P1.10	RX	UART0_RXD	调试串口接收
34	P1.11	TX	UART0_TXD	调试串口发送
37	P2.9	VDC	ADC_CH12	母线电压采样
41	P2.1	UVDC	ADC_CH14	U 相反电势采样
47	P2.14	SWCLK	SWCLK	SWD 时钟信号
48	P2.15	SWDIO	SWDIO	SWD 数据信号

## 1.6 评估板使用硬件设置

本设置过程目的为指引使用者正确使用评估板带电机运行，评估单板工作状况，其他应用功能实现请参考应用软件使用说明，使用前请先安装 LKS08 系列 [Keil5 和 Keil 4 Pack 包](#)，Keil 4 Pack 包含 IAR 支持包，可自行选择安装，Pack 包集成了该系列所有 MCU 的型号。

1、程序烧写：程序烧写有两种模式：不上主电时，可通过 Jlink 5V 供电接入程序烧写口；上主电调试时，Jlink 需要额外隔离模块接入程序烧写口。如图 1.10 所示，方案包中已配套应用程序，该 SDK 提供了 LKS08 系列标准驱动库，包含 ADC、MCPWM、OPA、COMP、UART 等。用户可以按需添加其他模块。

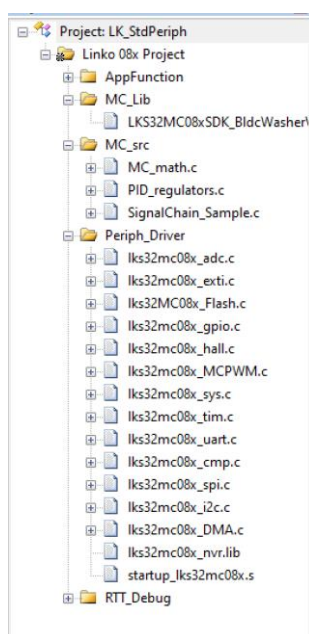


图 1.10 LKS08 驱动库

2、上电前需测试 HV/GND，+15V/GND，5V/GND，三相电机输出 U/V/W to PE 之间的静态阻抗，确保评估板正常。首次通电后，需检查板载电压是否正确。使用万用表测量 15V

电压是否正常，使用万用表测量 5V 电压输出，范围在  $5V \pm 5\%$ 。

3、SWD 接口到 Jlink 等烧录器，打开程序包点击上方 Flash→Configure Flash Tool→Debug→Setting，如图 1.11 所示，检查 Jlink 是否识别到 MCU。如未识别，请检查是否安装 Jlink 驱动和 Pack 包；Jlink 和 MCU 供电是否 5V。

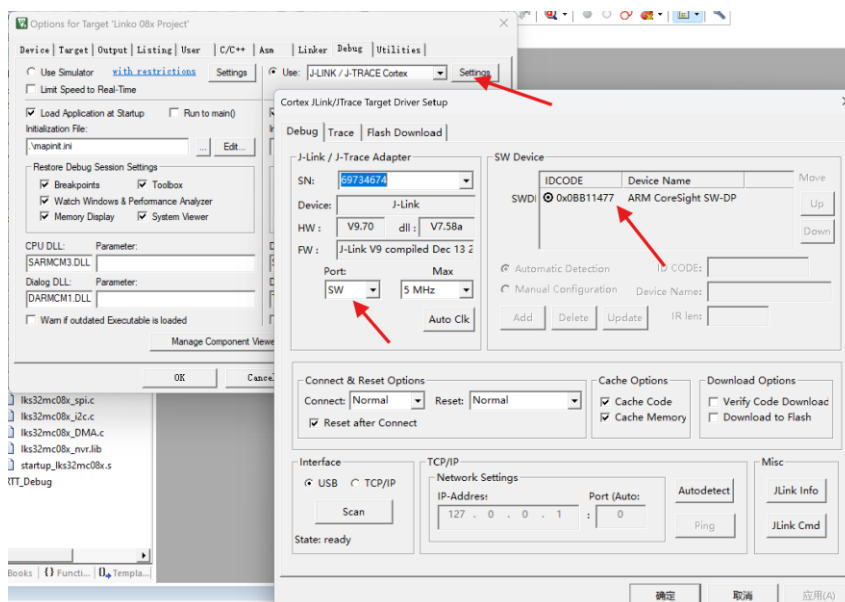


图 1.11 Jlink 配置方法

4、如图 1.12 所示，接入 220VAC，电机 LED 指示灯点亮，MCU 开始工作，电机正常输出，通过上位机软件 LKS\_Scope 或示波器电流探头测到电机正常运行电流，评估板工作正常。LKS\_Scope 软件下载链接可见[其他信息](#)，使用方法可参考凌鸥学院培训视频学习。

5、凌鸥创芯针对洗衣机应用方案调试开发配套 LKS 洗衣机上位机程序 Lkswasher，，通过 USB 串口通讯控制，方案包内已包含软件，具体调试配置可参考程序配套调试说明。

6、评估板正常工作测试情况参数请参考评估板单板测试报告。

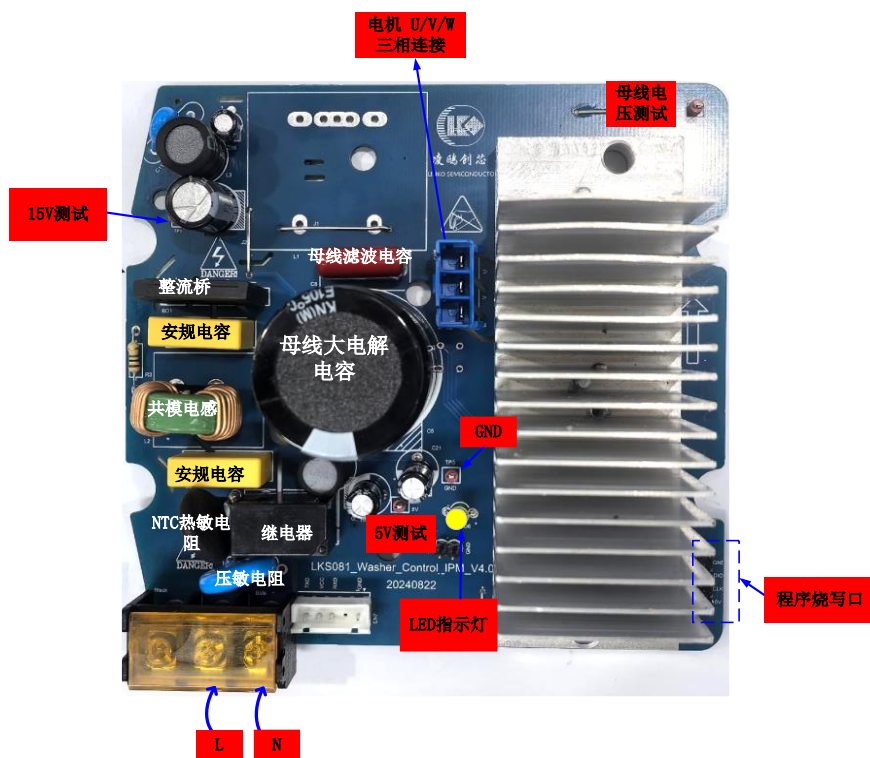


图 1.12 评估板硬件配置说明

## 2 如何与软件配套使用评估板

### 2.1 评估板调试关键步骤说明

如图 2.1 所示为软件配套使用评估板工作流程，目的为指引使用者正确使用评估板带电机运行。只对关键步骤进行介绍，其他功能实现、详细软硬件配置说明和调试结果可参考软件使用说明。

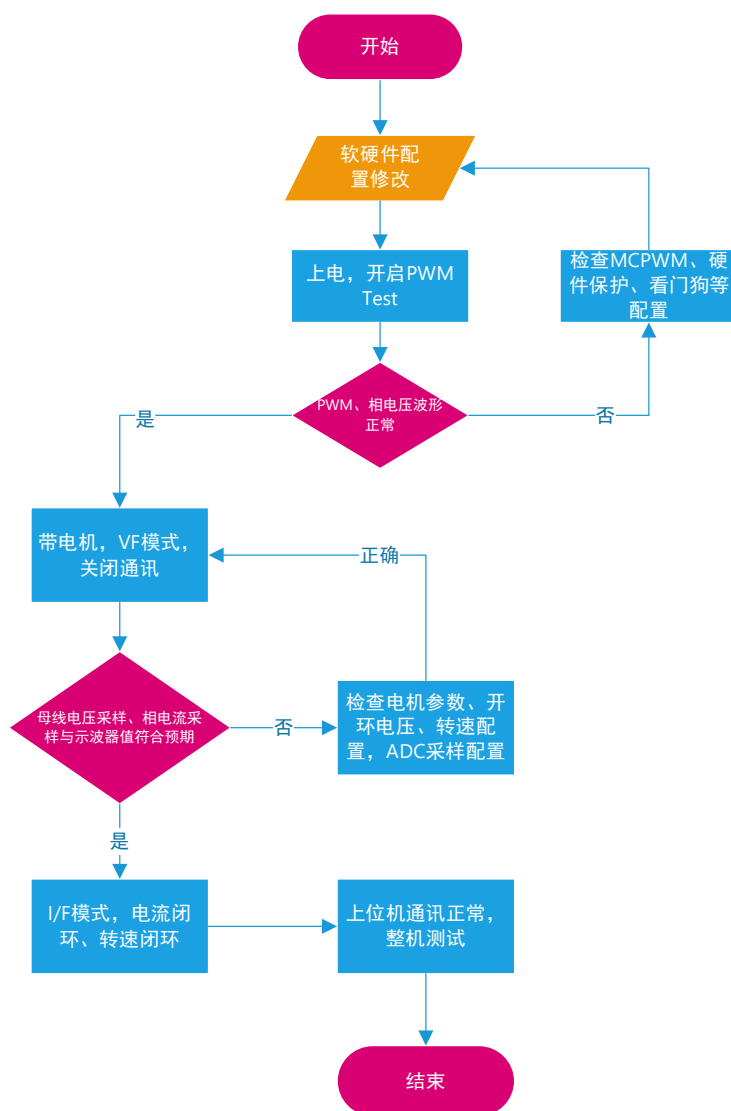


图 2.1 评估板使用工作流程

1、根据硬件设计原理图和引脚功能说明，进行 ADC、MCPWM、OPA、CMP、GPIO、UART、DAC 等硬件管脚的配置。

2、RESET 以及 SWD 等特殊引脚的功能配置，特别需要注意的是 SWD 的复用功能需要在系统上电后延迟一段时间再配置或者有其他退出机制，否则可能导致无法更新下载程序；RESET 也需要在系统上电完成之后在进行配置，开始复用后，RSTN 用途失效，若需产



生芯片硬复位，源头只能是掉电/看门狗。

3、根据硬件设计原理图和详细说明，配置相电流采样、反电势采样、母线电压采样、IPM 温度采样等电路的比例系数以及运算放大器的增益系数。

4、根据硬件设计原理图和详细说明，配置母线过欠压保护、软硬件过流短路保护、缺相保护、堵转保护等保护功能阈值。注意在上电前将过流检测阈值和保护功能一定要配置并打开，防止上电过流对电机和评估板功率器件造成损伤。

5、母线电压检测功能验证：逐级调整输入电压值，分别通过万用表测量实际采样电压和 LKS\_Scope 读取母线电压 ADC 采样值并相互对比，验证母线电压检测是否正确以及电压值是否跟随。

6、IPM 温度采样功能验证：分别通过万用表测量 IPM 温度输出电压引脚和 ADC 采样值电压并相互对比，验证 IPM 温度采样是否正确。

7、上述配置完成，验证不接电机，分别使能 U/V/W 的 MCPWM 输出，25% 占空比输出是否正确，通过示波器测量并验证上下桥臂的互补波形以及死区时间。

8、验证过流保护功能是否正常工作：模拟过流信号发生，观察 MCPWM 是否可以在过流发生之后迅速停止。

9、接入电机，关闭通讯，VF 启动测试验证软硬件配置是否正确：如果需要 Debug 模式调试，需先关闭看门狗保护。VF 启动使电机转动起来，使用示波器电流探头测量电机的相电流，与 LKS\_Scope 上采样的相电流值相互对比，验证运放、ADC、采样系数的配置是否正确。若电机无法转动，请检测 VF 开环电压 Udref 配置是否太小。MCPWM 输出是否正常，逆变单元功率器件是否可以正常动作，硬件过流保护值是否设的过低导致硬件过流保护，使用 LKS\_Scope 查看 MCU 运行状态和报错原因。

```
void SetMotorOpenVFIFModel(bool bVFEnable, bool bIFEnable)
{
    /* TRUE ---VF模式运行*/
    struFOC_CtrProc.bVFModel = bVFEnable;
    struFOC_CtrProc.nVFModel_Udref = 800; /* 电机VF电压模式Udref 32768对应最大采样电压*/
    struFOC_CtrProc.nVFModel_Uqref = 0; /* 电机VF电压模式Udref */

    /* TRUE ---IF模式运行*/
    struFOC_CtrProc.bIFModel = bIFEnable;
    struFOC_CtrProc.nIFModel_Idref=200; /* 电机IF电压模式Idref 32768对应最大采样电流*/
    struFOC_CtrProc.nIFModel_Iqref=0; /* 电机IF电压模式Idref */
    /*Open model speedref*/
    struFOC_CtrProc.nOpenModel_Speedref=5; /* VF或者IF模式的桶速速度=电机转速*给定传动比 1: 表示桶速*/
}
```

图 2.2 VF/IF 模式参数配置

10、VF 启动验证完成之后，评估板工作正常，可进入电流闭环路、转速闭环调试。使用示波器电流探头测量电机的相电流，与 LKS\_Scope 上采样的相电流值相互对比，验证运

放、ADC、采样系数的配置是否正确。转速闭环初始调试中转速设定值不可过高。

11、打开洗衣机通讯使能，上位机发送指令，检验通讯接口是否正常，进入整机测试，验证 OBB、称重功能是否正常。

凌鸥创芯针对洗衣机应用方案调试开发配套的上位机软件 LKS\_Scope 和 LKS\_Washer，具体调试配置可参考程序配套软件调试说明。

## 2.2 硬件简易问题排查

1、程序无法烧录：请检查接口是否正确，Jlink 是否正常识别，供电电压是否正确。

2、电机无法正常运行：请示波器检测 15V、5V 电压是否正常，MCU 是否正常输出 PWM，若无，在 Keil 5 中 Debug 模式里通过 LKS\_Scope 查看 MCU 运行状态和报错原因，具体配置方法参考软件使用说明。

3、自行设计 PCB Layout 时，应注意晶振电路与相电流差分运放检测电路走线距离。两块电路之间需要铺地，减少地阻抗，且地平面宽度至少为 8-10 倍线宽，尽可能多大接线过孔，参考 Layout 和注意事项参考评估板应用手册。

4、母线电压检测异常：请检查输入电压以及母线电压是否正确，母线电压检测 ADC 口输入电压是否正确，分压电阻阻值是否正确，分压电阻是否存在开短路故障以及焊接不良的问题。

5、温度采样异常：IPM 温度采样 ADC 口输入电压是否正确，输出电阻是否存在开短路故障以及焊接不良的问题。

6、逆变单元功率器件不动作：确认 MCPWM 输出逻辑是否正确，示波器测量三相 MCPWM 输出是否正常，测量栅极驱动电阻等器件是否存在断路及焊接不良的问题。

7、过流保护功能异常：确认急停模块 IO 配置、Fail 事件是否正确，是否示波器测量 MCU 保护输入口是否有过流信号输入，检查分压、滤波电阻电容是否存在开短路故障以及焊接不良的问题。

8、相电流采样不正确：请检查运放增益、ADC 配置是否正确，采样电阻阻值是否与软件配置一致，滤波电阻电容是否存在开短路故障以及焊接不良的问题。

### 3 评估板原理图、PCB 布局和物料清单

#### 3.1 原理图布局

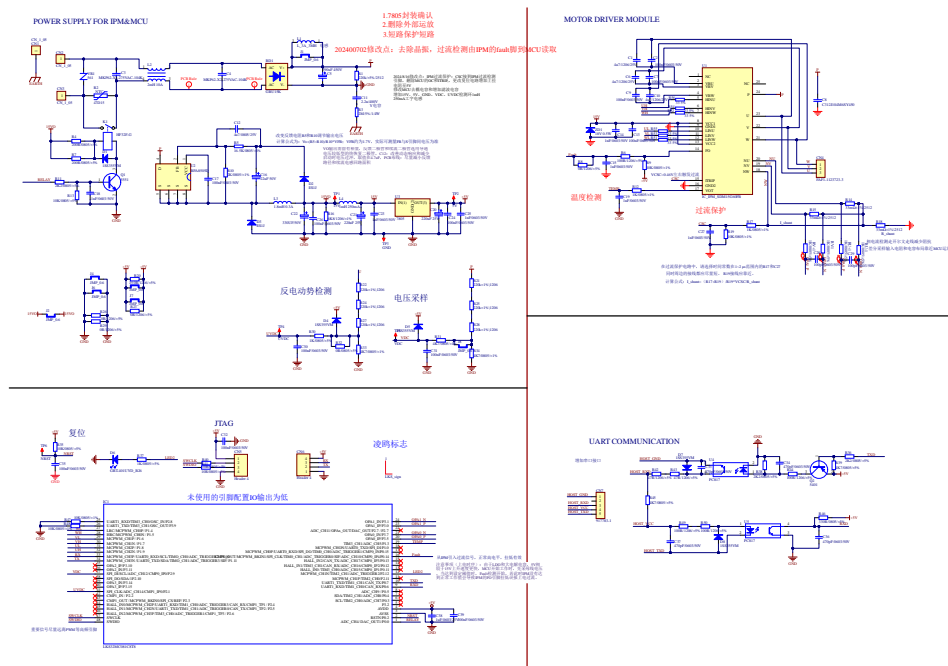


图 3.1 洗衣机评估板原理图

#### 3.2 PCB 布局

图 3.2 和 3.3 为评估板的 PCB Layout。

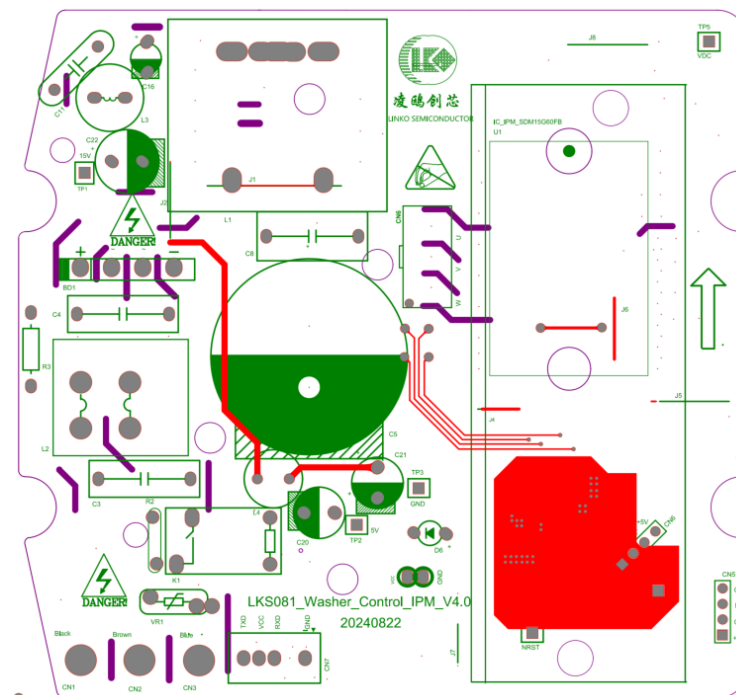


图 3.2 洗衣机评估板布局顶层

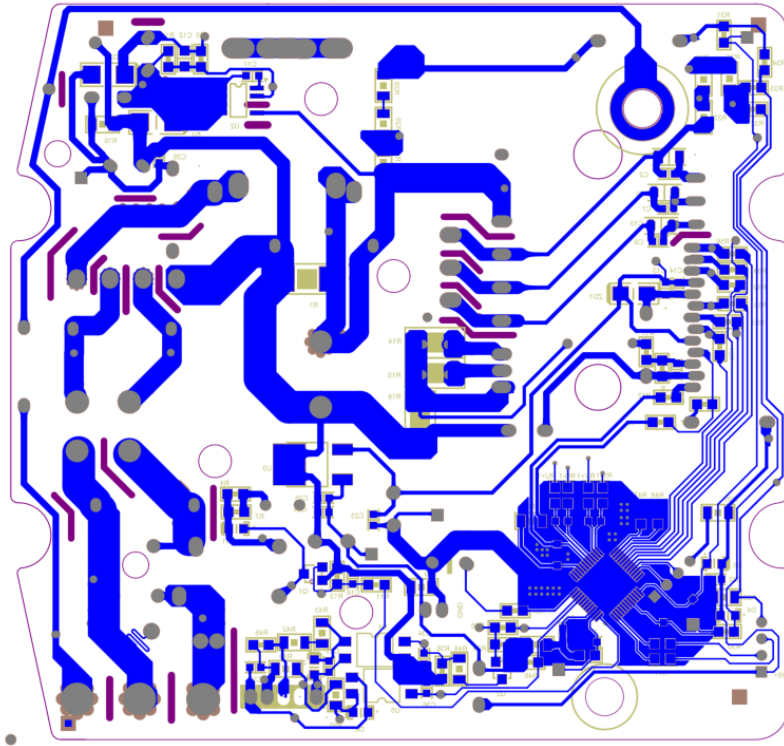


图 3.3 洗衣机评估板布局底层

### 3.3 物料清单

表 3.1 为 LKS081 洗衣机评估板的物料清单

表 3.1 物料清单

位号	规格	器件参数	说明	数量
TP1, TP2, TP3, TP4, TP5, TP6	15V, 5V, GND, UVDC, VDC, NRST	TEST TP1.4_B	测试环	6
1	LKS_sign	LKS_sign	凌鸥 Logo	不适用
BD1	GBU15K	BD_15A/800V	整流桥	1
C1, C6, C10	4u7/1206/25V	贴片电容\4.7uF\1206\25V\K\X5R	贴片电容	3
C2, C7, C9, C13, C17, C24, C26, C30, C31, C32, C35, C39	100nF/0603/50V	贴片电容\100nF\0603\50V\K\X7R	贴片电容	12
C3, C4	MKP62-X2-275VAC- 104K	C_104/AC275V_10%_X2	X2 安规电容	2
C5	390uF 450V	E_1000UF/250V_85C	电解电容	1
C8	C312J104M6SY450	C_104/630V_5%_FILM C312J104M6SY450	薄膜电容	1
C11	2.2n/400V	C_103/63V_10%_Y1 电容	Y1 安规电容	1





C12	4u7/0805/25V	贴片电容\4.7uF\0805\25V\K\X7R	贴片电容	1
C14, C15, C18, C19, C23, C25, C27	1nF/0603/50V	贴片电容\1nF\0603\50V\K\X7R	贴片电容	7
C16	22uF 50V	E_22UF/50V_105C_L	电解电容	1
C20, C21	220uF 25V	E_220UF/25V_105C_L	电解电容	2
C22	330UF/50V	E_330UF/35V_105C	电解电容	1
C28, C29	100pF/0603/50V	贴片电容\100pF\0603\50V\K\X7R	贴片电容	2
C33, C34, C36, C37	470pF/0603/50V	贴片电容\470pF\0603\50V\K\X7R	贴片电容	4
C38	1uF/0603/25V	贴片电容\1uF\0603\25V\K\X7R	贴片电容	1
CN1, CN2, CN3	CN_1_05	CN_1_05	强电单插针	3
CN4	FAF1-1123723-3	CN_3.96_3	3 针插座	1
CN5, CN6	Header 4	Header 4	Header, 4-Pin	2
CN7	917783-1	CN_2.5_5_1	5 针插座	1
D1, D4, D5, D7, D8	1SS355VM	D_SMD_1SS355VM	贴片塑封二极管	5
D2, D3	ES1J	D_SMD_ES1J	二极管	2
D6	GRT-401UYD_B26	LED_GRT_401UYD_B26	发光二极管	1
IC1	LKS32MC081C8T8	LKS32MC081C8T8	MCU: LKS32MC081C8T8, 96MHz, 64KB Flash, 8K RAM	1
J1, J2	JMP_0.6	J_D0.6	跳线	2
J4, J5, J7	JMP_0.6	J_D0.6	跳线	3
J6	JMP_0.6	J_D0.6	跳线	1
J8	JMP_0.6	J_D0.6	跳线	1
K1	HF32F-G	RY_SPST_HF32F-G/012-HS	继电器	1
L1	L_3A_3MH 电感	L_3A_3MH 电感	电抗器	不适用
L2	2mH 10A	L_10A_2MH	共模电感	1
L3	1.8mH 0.3A	L_0.3A_1.8MH	电感	1
L4	1mH 250mA	L_250mA_1MH	电感	1
Q1	5551	Q_N_MMBT5551_SOT23	三极管	1
Q2	5401	Q_P_MMBT5401_SOT23	三极管	1
R1	220k/±5%/2512	贴片电阻\220k±5%\2512	贴片电阻	不适用





R2	47D15	NTC	热敏电阻 NTC	1
R3	2M/5%/1/4W	R_1M_5%_1/4W	电阻	1
R4, R7	200R/0805/±5%	贴片电阻\200R±5%\0805	贴片电阻	2
R5	16.5K/0805/±1%	R_SMD_0805_16K_1%	贴片电阻	1
R6, R44, R49, R50	100R/1206/±5%	贴片电阻\100R±5%\1206	贴片电阻	4
R8, R20, R23, R26, R29	0R/1206/±5%	贴片电阻\0R±5%\1206	贴片电阻	5
R9, R19, R47, R48	10K/0805/±1%	贴片电阻\10K±1%\0805	贴片电阻	4
R10	2K/0805/±1%	贴片电阻\2K±1%\0805	贴片电阻	1
R11, R36, R38	2K2/0805/±5%	贴片电阻\2.2K±5%\0805	贴片电阻	3
R12, R17	1K/0805/±1%	贴片电阻\1K±1%\0805	贴片电阻	2
R13, R35	10K/0805/±5%	贴片电阻\10K±5%\0805	贴片电阻	2
R14, R15, R18	33mΩ±1%\2512	贴片电阻\33mΩ±1%\2512	贴片电阻	3
R16	6K8/1206/±1%	贴片电阻\6.8K±1%\1206	贴片电阻	1
R21, R22, R24, R25, R27, R28	220k±1%\1206	贴片电阻\220k±1%\1206	贴片电阻	6
R30, R37, RU-1, RU+1, RV-1, RV+1	1K/0805/±5%	贴片电阻\1K±5%\0805	贴片电阻	6
R31, R33, R34	4K7/0805/±1%	贴片电阻\4.7K±1%\0805	贴片电阻	3
R32	0R/0805/±5%	贴片电阻\0R±5%\0805	贴片电阻	1
R39, R45	4K7/0805/±5%	贴片电阻\4.7K±5%\0805	贴片电阻	2
R40, R41	10R/0805/±5%	贴片电阻\10R±5%\0805	贴片电阻	2
R42, R43	47R/1206/±5%	贴片电阻\47R±5%\1206	贴片电阻	2
R46	330R/0805/±5%	贴片电阻\330R±5%\0805	贴片电阻	1
R51, R52, R53, R54, R55, R56	33 5%	贴片电阻\33R±1%\0805	贴片电阻	6
U1	IC_IPM_SDM15G60FB	IC_IPM_SDM15G60FB	IPM 600V/15A	1
U2	BPA8505D	IC_PWR_BPA8505D	电源 IC	1
U3	7805	IC_PWR_LDO	三端稳压器	1
U4, U5	PC817	IC_OPTO_PC817X2NXZW	光耦	2
VR1	561	VR_10D561	压敏电阻	1
ZD1	18V 0.5W	DZ_SMD_18V/0.5W	稳压二极管	1



## 4 其他信息

### 4.1 参考资料

- 1、本应用方案采用的 LKS32MC08x 系列 MCU 详细参数和使用说明可参考方案包内 LKS32MC08x\_DS\_v1.83 和 LKS32MC08x\_UM\_v1.37。
- 2、MCU 模块例程培训和热门解决方案可参考凌鸥学院[培训视频](#)。
- 3、凌鸥 MCU 相关设计软件 and 上位机可见[凌鸥创新官网设计资源](#)。

## 5 历史版本

表 5.1 文档版本说明

时间	版本号	说明
2024/9/9	V1.0	创建



## 6 声明

LKS 和 LKO 为凌鸥创芯注册商标。

南京凌鸥创芯电子有限公司（以下简称：“Linko”）尽力确保本文档内容的准确和可靠，但是保留随时更改、更正、增强、修改产品和/或文档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取最新相关信息。

客户应针对应用需求选择合适的 Linko 产品，详细设计、验证和测试您的应用，以确保满足相应标准以及任何安全、安保或其它要求。客户应对此独自承担全部责任。

Linko 在此确认未以明示或暗示方式授予 Linko 或第三方的任何知识产权许可。

Linko 产品的转售，若其条款与此处规定不同，Linko 对此类产品的任何保修承诺无效。

如有更早期版本文档，一切信息以此文档为准。