



复旦微电子

FM2161A

EV 型漏电保护控制芯片

产品说明书

2024. 01



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。

在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必将所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。

未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站(<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商 标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。



目 录

目 录.....	3
1 产品简介.....	5
1.1 产品特点.....	5
1.2 应用.....	5
1.3 产品型号列表.....	5
1.3.1 命名规则定义.....	5
1.4 芯片引脚描述.....	7
1.4.1 芯片引脚示意图.....	7
1.4.2 芯片引脚说明.....	7
1.4.3 芯片上电时序说明.....	9
1.5 极限参数.....	10
2 功能描述.....	10
2.1 剩余电流保护功能.....	10
2.2 UART 功能.....	11
2.2.1 接口信号.....	11
2.2.2 操作原理及其时序描述.....	11
2.2.3 地址 (Address) 域.....	12
2.2.4 功能 (Function) 域.....	12
2.2.5 校验域.....	12
2.2.6 和标准 MODBUS 的异同.....	12
2.2.7 读取寄存器.....	13
2.2.8 修改寄存器.....	14
2.2.9 寄存器地址表.....	15
2.2.10 异常码.....	16
3 电路框图.....	17
4 电学特性.....	18
4.1 直流参数.....	18
4.2 FLASH 存储器特性.....	18
4.3 交流特性.....	19
4.4 GPIO 特性.....	19
4.4.1 普通 IO.....	19
4.4.2 NRST 引脚.....	19
5 电气原理图.....	20
6 芯片外形尺寸.....	21
7 工艺参数.....	22



7.1	回流焊温度曲线.....	22
7.2	湿敏等级.....	22
上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心.....		23
版本信息		24

1 产品简介

FM2161A 是基于磁通门技术的漏电保护控制芯片，该芯片可用于检测 EV 型剩余电流，当检测到的剩余电流有效值超过预设的动作阈值时，FM2161A 可输出脱扣信号。该信号驱动脱扣器即可实现脱扣。FM2161A 芯片可为用户提供完整的 EV 型剩余电流保护方案，只需配合简单的外围电路即可实现高性能的 EV 型剩余电流保护断路器。

1.1 产品特点

- 精确的动作阈值
- 输出直接驱动脱扣器，平均电流小于10mA；
- 良好的抗EMI能力；
- 全差分输入、输出；
- 宽的工作温度范围：-40℃～+85℃
- 可通过UART接口读写芯片寄存器，输出相关信息（漏电流有效值等）
- 支持BootLoader 固件升级

1.2 应用

- 隔离式直流、交流电流检测
- 适用于新能源电动汽车IC-CPD应用
- 适用于新能源电动汽车交流充电桩RDC-DD/PD应用

1.3 产品型号列表

型号	产品类型	芯片丝印	封装
FM2161A-EV00V111-QNA-A-G	A&DC6mA	FM2161 Axxxxxxx	QFN40

1.3.1 命名规则定义

FM 21 61A - AAYYVXXD - QNA - C - G
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

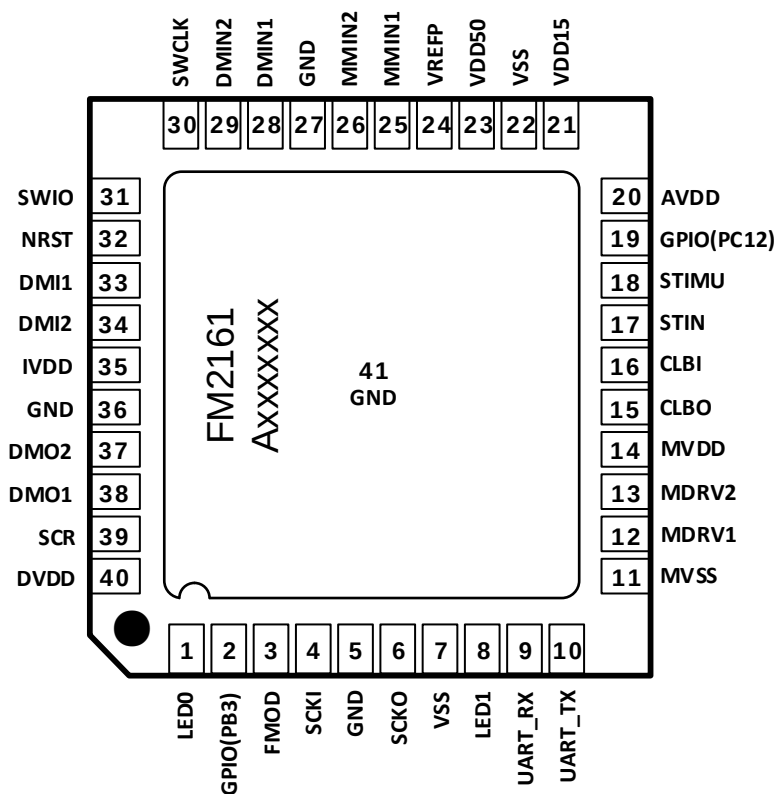
Ex. FM2161A-EV00V111-QNA-A-G

序号	命名规则	
①	FM	复旦微电子公司代码（固定为FM）
②	21	剩余电流保护系列产品
③	61A	产品序列号
④	AAYYVXXD	软件主版本，含产品应用领域、客户信息、核心算法版本等信息。其中 AA（Application）表示产品应用领域，定义如下： BR — B RCBO BC — B charging of electric vehicles EV — EV A&DC6mA

		UL — UL CCID5&CCID20 YY代表客户信息，使用2位数字表示。 VXX表示固件版本，使用V开头后跟两位数字表示。 D表示漏电电流等级，定义如下： 1 – DC6mA 2 – 漏电流阈值10 mA 3 – 漏电流阈值30 mA 4 – 漏电流阈值100 mA 5 – 漏电流阈值300 mA 6 – CCID5 7 – CCID20
⑤	QNA	封装形式：QFN40-5*5*0.85
⑥	C	载体： A-托盘（Tray） T-卷盘（Reel）
⑦	G	环境物资管控代码：符合G级要求的塑封集成电路产品

1.4 芯片引脚描述

1.4.1 芯片引脚示意图



1.4.2 芯片引脚说明

FM2161A 芯片电源说明: 要求 VDD 能够提供 $5V \pm 0.2V$, 大于 100mA 电源输出能力, 纹波电压小于 150mV, (推荐使用 LDO 电路, 参考芯片 TPL820F50-5TR); VDD 上电完成时间需小于 20ms;

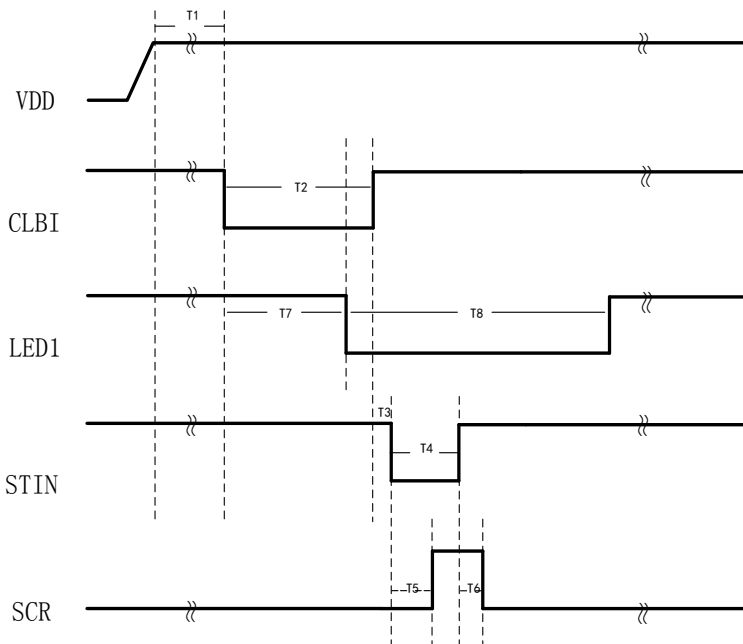
引脚	管脚名	输入/输出	说明
1	LED0	OUTPUT	LED0 输出驱动引脚, 脱扣、自检、故障指示信号, 推挽输出, 低电平有效
2	GPIO(PB3)	INPUT/OUTPUT	GPIO, 预留备用
3	FMOD	INPUT	通过定时器计算激磁频率与占空比
4	SCKI	INPUT	测试引脚, 与 SCKO 连接
5	GND	GROUND	芯片模拟地, 接框架底板
6	SCKO	OUTPUT	测试引脚, 与 SCKI 连接
7	VSS	GROUND	芯片数字地
8	LED1	OUTPUT	LED1 输出驱动引脚, 校准成功指示信号, 推挽输出, 当校准功能控制信号 CLBI 对 GND 拉低 200ms, 且校准成功后, LED1 输出一个 500ms 低电平脉冲信号
9	UART_RX	INPUT	UART1_RX

10	UART_TX	OUTPUT	UART1_TX
11	MVSS	GROUND	磁调制驱动电路的地
12	MDRV1	OUTPUT	磁调制驱动输出 1
13	MDRV2	OUTPUT	磁调制驱动输出 2
14	MVDD	POWER	磁调制驱动电路的 VDD，接 5V 电源，2.2uF 去耦电容
15	CLBO	OUTPUT	校准与自检电流输出，串联 1k 电阻，与互感器自检回路 5T 绕组中任意一端相连
16	CLBI	INPUT	校准功能控制信号 芯片每次上电后，需进行校准操作，修正模块精度偏移（CLBI 引脚对地拉低，时间$\geq 240\text{ms}$，完成校准），完成校准后 LED1 引脚输出一个 500ms 的低电平脉冲信号； 若校准操作不成功（电源电压不稳可能导致校准失败），需再次执行校准操作； 校准功能应在非充电状态执行（充电枪与充电桩的继电器处于断开状态）。 CLBI 执行拉低操作时，需串联 1k 电阻。 非校准状态时，此引脚必须上拉至 VDD；
17	STIN	INPUT	自检功能控制信号（芯片上电后，自检功能首次需在校准成功后执行） STIN 引脚对地拉低，时间$\geq 60\text{ms}$，完成自检后 SCR 引脚输出高电平（SCR 引脚输出高电平的时间点为 STIN 低电平保持 50ms 后，SCR 引脚恢复低电平时间点为 STIN 恢复高电平 20ms 后）。 自检功能应在非充电状态执行（充电枪与充电桩的继电器处于断开状态）。 STIN 执行拉低操作时，需串联 1k 电阻。 非自检状态时，此引脚必须上拉至 VDD；
18	STIMU	OUTPUT	互感器反向充电输出
19	GPIO(PC12)	INPUT/OUTPUT	GPIO，预留备用
20	AVDD	POWER	磁调制振荡电路（微分器）VDD，接 5V 电源，0.1uF 去耦电容
21	VDD15	POWER	LDO 1.5V 输出，外接 100 Ω 电阻与 0.1uF 电容
22	VSS	GROUND	数字电路的 DGND
23	VDD50	POWER	数字电路的 VDD，接 5V 电源，0.1uF 去耦电容
24	VREFP	POWER	ADC VREFP，接 5V 电源，0.1uF 去耦电容
25	MMIN1	INPUT	磁调制输入引脚 1
26	MMIN2	INPUT	磁调制输入引脚 2
27	GND	GROUND	芯片模拟地，接框架底板
28	DMIN1	INPUT	磁调制解调输入引脚 1
29	DMIN2	INPUT	磁调制解调输入引脚 2

30	SWDCLK	INPUT	SWDCLK
31	SWIO	INOUT	SWIO
32	NRST	INPUT	芯片复位,需外接 5.1k 上拉电阻。
33	DMI1	INOUT	解调信号差分输入 1
34	DMI2	INPUT	解调信号差分输入 2
35	IVDD	POWER	磁调制解调电路 VDD, 接 5V 电源, 0.1uF 去耦电容
36	GND	GROUND	芯片模拟地, 接框架底板
37	DMO2	OUTPUT	解调信号差分输出 1
38	DMO1	OUTPUT	解调信号差分输出 2
39	SCR	OUTPUT	脱扣、自检、故障动作信号输出, 当剩余电流小于设定阈值时, SCR 引脚为低电平 DC 0V; 当剩余电流超过设定阈值时, SCR 引脚输出高电平 DC 4.8V (当 SCR 输出高电平触发继电器断开, 剩余电流小于阈值后, SCR 信号会同步变低); SCR 信号输出高电平的最短保持时间为 10ms; 引脚电流驱动能力 $\leq 5\text{mA}$;
40	DVDD	POWER	数字电路 VDD, 接 5V 电源, 2.2uF 去耦电容
41	GND	GROUND	芯片 GND

说明: VDD 指 AVDD (PIN 20)、DVDD (PIN 40)、IVDD (PIN 35)、MVDD (PIN 14)、VDD50 (23)、VREFP (PIN 24) 的电压

1.4.3 芯片上电时序说明



说明:

1. 上电完成后的等待时间 $T_1 \geq 120\text{ms}$
2. CLBI 校准持续时间 $T_2 \geq 240\text{ms}$

上海复旦微电子集团股份有限公司
Shanghai Fudan Microelectronics Group Company Limited

FM2161A EV 型漏电保护控制芯片

版本 2.5

产品说明书

9

3. 等待时间 $T3 \geq 5\text{ms}$
 4. STIN 自检持续时间 $T4 \geq 60\text{ms}$
 5. 在 STIN 产生下降沿时, SCR 输出高电平的时间点为 $T5=50\text{ms}$
 6. 在 STIN 产生上升沿时, SCR 高电平的保持时间为 $T6=20\text{ms}$
- 在 CLBI 产生下降沿时, LED1 输出低电平的时间点为 $T7=200\text{ms}$, 保持时间为 $T8=500\text{ms}$

1.5 极限参数

参数名称	参数值		单位
	最小值	最大值	
供电电压		5.5	V
输入电压	-0.3	VDD+0.3	V
Latch up 电流		100	mA
ESD (HBM) 电压	2		kV
ESD (CDM) 电压	200		V
工作温度	-40	85	°C
存储温度	-55	125	°C

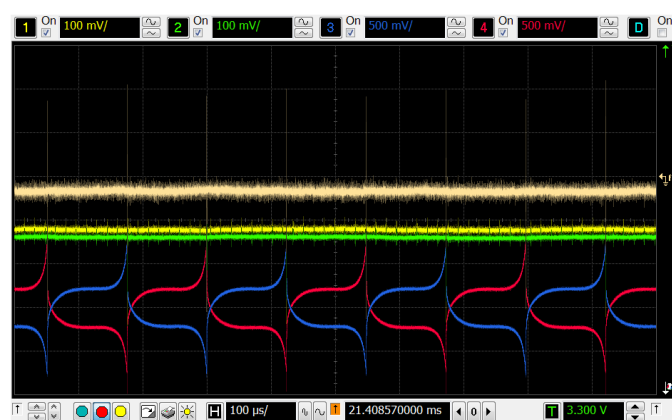
说明: VDD 指 AVDD (PIN 20)、DVDD (PIN 40)、IVDD (PIN 35)、MVDD (PIN 14)、VDD50 (23)、
的电压。

2 功能描述

2.1 剩余电流保护功能

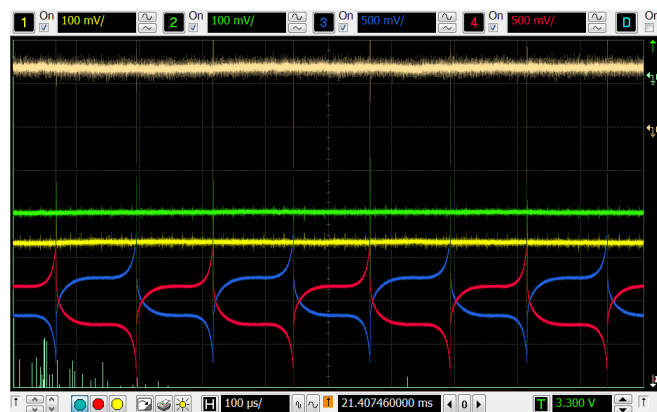
FM2161A 芯片利用磁调制原理检测供电线路中的剩余电流。FM2161A 芯片的磁调制解调电路配合专用磁感应线圈产生磁调制波形, 并由 FM2161A 芯片的 DMO1 与 DMO2 引脚输出解调后的剩余电流信号。磁调制解调电路输出的解调信号经过滤波电路后, 再输入 DMI1 与 DMI2 引脚, 通过高速高精度差分 ADC 转换为数字编码后进行剩余电流有效值计算, 当剩余电流的有效值达到预设的动作阈值时, FM2161A 芯片输出动作信号驱动可控硅导通, 触发断路器脱扣。

下图中, 图 1 为没有剩余电流时的磁调制和解调的波形, 图 2 为供电线路中含有 30mA 直流剩余电流时的磁调制和解调波形, 图 3 为供电线路中含有 30mA 50Hz 正弦剩余电流时的磁调制和解调波形。



(1-2 通道为差分解调输出, 3-4 通道为调制输入, f1=2 通道-1 通道)

图 1 无漏电解调信号波形



(1-2 通道为差分解调输出，3-4 通道为调制输入，f1=2 通道-1 通道)

图 2 30mA 直流漏电解调信号波形



(1-2 通道为差分解调输出，3-4 通道为调制输入，f1=2 通道-1 通道)

图 3 30mA 交流漏电解调信号波形

当供电线路中发生很大的剩余电流时，磁调制线圈会进入磁饱和状态，在这种状态下，FM2161A 会发生停振，此时 FM2161A 会尝试恢复正常的磁调制振荡，如连续十次尝试都无法恢复正常的磁调制振荡，则处理器芯片直接输出动作信号，驱动脱扣器脱扣。

2.2 UART 功能

FM2161A 具有 UART 通讯接口，外部 MCU 使用 MODBUS 协议（参考标准 GB/T 19582.1--2008），可对 FM2161A 的内部寄存器进行读、写操作。

2.2.1 接口信号

接口	描述
UART_RX	数据接收
UART_TX	数据发送

2.2.2 操作原理及其时序描述

芯片在网络中作为子设备：外部 MCU 做主设备，每次通信都必须由主设备发起。

上海复旦微电子集团股份有限公司

Shanghai Fudan Microelectronics Group Company Limited

芯片的默认配置为：地址 0X01，串口配置为波特率 115200,8 位数据,1 位停止,无校验。默认是组网模式。

单命令发送最小间隔 50ms。

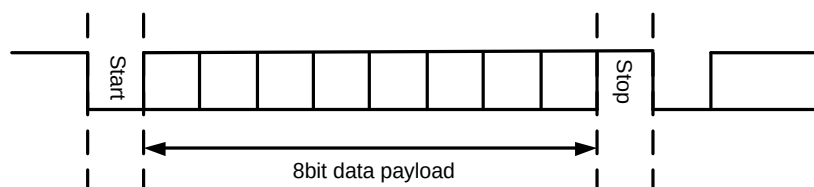
多字节发送数据的顺序是先发送高字节再发送低字节。

MODBUS 指令的后两位的 CRC 校验（U16 值）是低字节在前高字节在后。

在寄存器地址表中，R 表示只读，即发送写明了 0X10 也不会改变内部的值，R/W 表示可读可写。

依据 MODBUS 协议，是支持连续多个寄存器同时读、同时写的，只要格式符合即可。

在对不支持写操作的寄存器进行操作的时候，不会改变内部的值同时会返回写成功。



2.2.3 地址（Address）域

地址域在帧的开始部分，由 8 位（1—255）组成，这些位标明了用户指定的终端设备的地址，该设备将接收来自与之相连的主机数据。每个终端设备的地址必须是唯一的，仅仅被寻址到的终端会响应包含了该地址的查询。当终端发送回一个响应，响应中的从机地址数据便告诉了主机哪台终端正与之进行通信。

考虑到本模块不涉及到大规模组网的情况，故每个模块默认地址都是 0x01，不需要额外修改，在实际的通讯命令中注意 0x01 地址的唯一即可。

2.2.4 功能（Function）域

功能域代码告诉了被寻址到的终端执行何种功能。表 1-1 列出了本控制器所使用的所有功能码，以及它们的意义及它们的初始功能。

表 1-1 功能码

功能码	意义	说明
0x03	读寄存器	获得一个寄存器的当前二进制值(U16)
0x10	写寄存器	放置特定的二进制值到给定起始寄存器地址的多个寄存器中

2.2.5 校验域

校验使用了 16 位循环冗余的方法。其中低位在前高位在后。

2.2.6 和标准 MODBUS 的异同

本模块仅仅支持对寄存器的读写操作以及文件的读取，不支持位变量、离散量、线圈的输入输出。

设备异常响应的处理和协议相同，具体参考下文表格。

2.2.7 读取寄存器

表 11 读保持寄存器请求

功能码	1 字节	0x03
起始地址	2 字节	0x0000~0xFFFF
寄存器数量	2 字节	1~125(0x007D)

表 12 读保持寄存器响应

功能码	1 字节	0x03
字节数	1 字节	2×N*
寄存器值	N*×2 字节	...
* N=寄存器的数量。		

表 13 读保持寄存器错误响应

异常功能码	1 字节	0x83
异常码	1 字节	01 或 02 或 03 或 04

请求读保持寄存器 0x10~0x11 的示例如下：

请求帧			正常响应帧			错误响应帧		
字节索引号	名称	十六进制数值	字节索引号	名称	十六进制数值	字节索引号	名称	十六进制数值
0	服务器地址	01	0	服务器地址	01	0	服务器地址	01
1	功能码	03	1	功能码	03	1	异常功能码	83
2	起始地址 HI	00	2	字节计数	04	2	异常码	01~04
3	起始地址 LO	10	3	寄存器值 HI	X1	3	CRC 校验 LO	CRC_LO
4	寄存器数量 HI	00	4	寄存器值 LO	X2	4	CRC 校验 HI	CRC_HI
5	寄存器数量 LO	02	5	寄存器值 HI	Y1			
6	CRC 校验 LO	CRC_LO	6	寄存器值 LO	Y2			
7	CRC 校验 LH	CRC_LH	7	CRC 校验 LO	CRC_LO			
			8	CRC 校验 HI	CRC_HI			

例：读取地址 0x01 的寄存器 0x10 之后的 2 个寄存器（U16）的值

发送：01 03 00 10 00 02 CL CH

回码：01 03 04 XX XX YY YY CL CH (XX XX YY YY 对应的 2 个 U16 的寄存器的值)

2.2.8 修改寄存器

表 48 写多个寄存器请求

功能码	1 字节	0x10
起始地址	2 字节	0x0000~0xFFFF
寄存器数量	2 字节	0x0001~0x007B
字节计数	1 字节	2×N*
寄存器值	N*×2 字节	值
* N=寄存器数量。		

表 49 写多个寄存器响应

功能码	1 字节	0x10
起始地址	2 字节	0x0000~0xFFFF
寄存器数量	2 字节	1~123(0x7B)

表 50 写多个寄存器错误响应

异常功能码	1 字节	0x90
异常码	1 字节	01 或 02 或 03 或 04

请求将十六进制 01 55 和 02 AA 写入以第 10 个寄存器开始的 02 个寄存器的示例如下：

请求帧			正常响应帧			错误响应帧		
字节索引号	名称	十六进制数值	字节索引号	名称	十六进制数值	字节索引号	名称	十六进制数值
0	服务器地址	01	0	服务器地址	01	0	服务器地址	01
1	功能码	10	1	功能码	10	1	异常功能码	90
2	起始地址 HI	00	2	起始地址 HI	00	2	异常码	01~04
3	起始地址 LO	10	3	起始地址 LO	01	3	CRC 校验 LO	CRC_LO
4	寄存器数量 HI	00	4	寄存器数量 HI	00	4	CRC 校验 HI	CRC_HI
5	寄存器数量 LO	02	5	寄存器数量 LO	02			
6	字节计数	4	6	CRC 校验 LO	CRC_LO			
7	寄存器值 HI	01	7	CRC 校验 HI	CRC_HI			
8	寄存器值 LO	55						
9	寄存器值 HI	02						
10	寄存器值 LO	AA						
11	CRC 校验 LO	CRC_LO						
12	CRC 校验 HI	CRC_HI						



例：修改地址 0x01 的寄存器 0x10 之后的 2 个寄存器的值

发送：01 10 00 10 00 02 04 XX XX YY YY CL CH (XX XX YY YY 对应 2 个 U16 的寄存器修改值)

回码：01 10 00 10 00 02 CL CH

2.2.9 寄存器地址表

例：读出当前漏电流的有效值，需发送读取命令，从 0x13 地址开始连续读取 7 个寄存器。获取回码后，先判断 0x18 寄存器地址中的值为 1，则当前漏电流为平滑直流或三相整流，此时应读取 0x19 寄存器地址中的值，该值为当前平滑直流或三相整流漏电的有效值；若 0x18 寄存器地址中的值为 0，则当前漏电流为 A 型漏电流，此时应读取 0x13 寄存器地址中的值，该值为当前 A 型漏电流的有效值。具体命令与回码格式如下所示：

发送：0x01 0x03 0x00 0x13 0x 00 0x 07 CL CH

回码：0x 01 0x 03 0x 0E XX YY XX YY XX YY XX YY XX YY XX YY XX YY CL CH

寄存器地址 HEX	功能	读/写	备注
0X00	FM2161A 芯片的报警状态	R	0 无报警 1 报警
0X01	FM2161A 芯片的运行状态	R/W	读:0 停止 1 运行，默认运行 写:0000 停止,0001 运行
0X02	FM2161A 芯片的零值配置	R/W	模块内部的在无漏电的时候的读值，可利用 0x02 和 0x03 寄存器的值的差值计算实际的漏电流值
0X03	FM2161A 芯片的阈值配置	R/W	模块内部的对应的 22mA 漏电的 ADC 的刻度值
0X04	FM2161A 芯片的串口校验	R/W	0 无校验 1 奇校验 2 偶校验，默认 0 无校验，重启后是最新修改的校验值
0X05	FM2161A 芯片的波特率 100 分频值	R/W	波特率除以 100 的值，默认 1152（即实际 115200 波特率），重启后是最新修改的波特率值
0X13	FM2161A 芯片检测到当前外部漏电的实际有效值转化为 mA 的 10 倍的值	R	当前时刻在内的一段时间的漏电的有效值的 mA 的 10 倍有效值，例 0x14 表示外部漏电有效值是 2.0mA
0X14	FM2161A 芯片检测到当前外部漏电的 ADC 计算值有效值的高 16 位	R	当前时刻在内的一段时间的漏电的有效值的 ADC 采样值的计算值的高 16 位值
0X15	FM2161A 芯片检测到当前外部漏电的 ADC 计算值有效值的低 16 位	R	当前时刻在内的一段时间的漏电的有效值的 ADC 采样值的计算值的低 16 位值
0X16	FM2161A 芯片内部用于判断有效值是否满足脱扣的基准值的高 16 位	R	采集到的数据经过计算后的值和此值进行比较看是否满足脱扣需求
0X17	FM2161A 芯片内部用于判断有效值是否满足脱扣的基准值的低 16 位	R	采集到的数据经过计算后的值和此值进行比较看是否满足脱扣需求
0X18	FM2161A 芯片检测的外部漏电是否是直流	R	0 不是直流或者未满足最低脱扣条件,以及不是 EV 型代码，1 是直流/三相
0X19	FM2161A 芯片检测到当前外部漏电的直流分量的 mA 值的 10 倍值	R	在 EV 判断中，所计算当前直流分量的值，用于来进行外部漏电的直流/三相判断
Rev...	Rev...		保留位

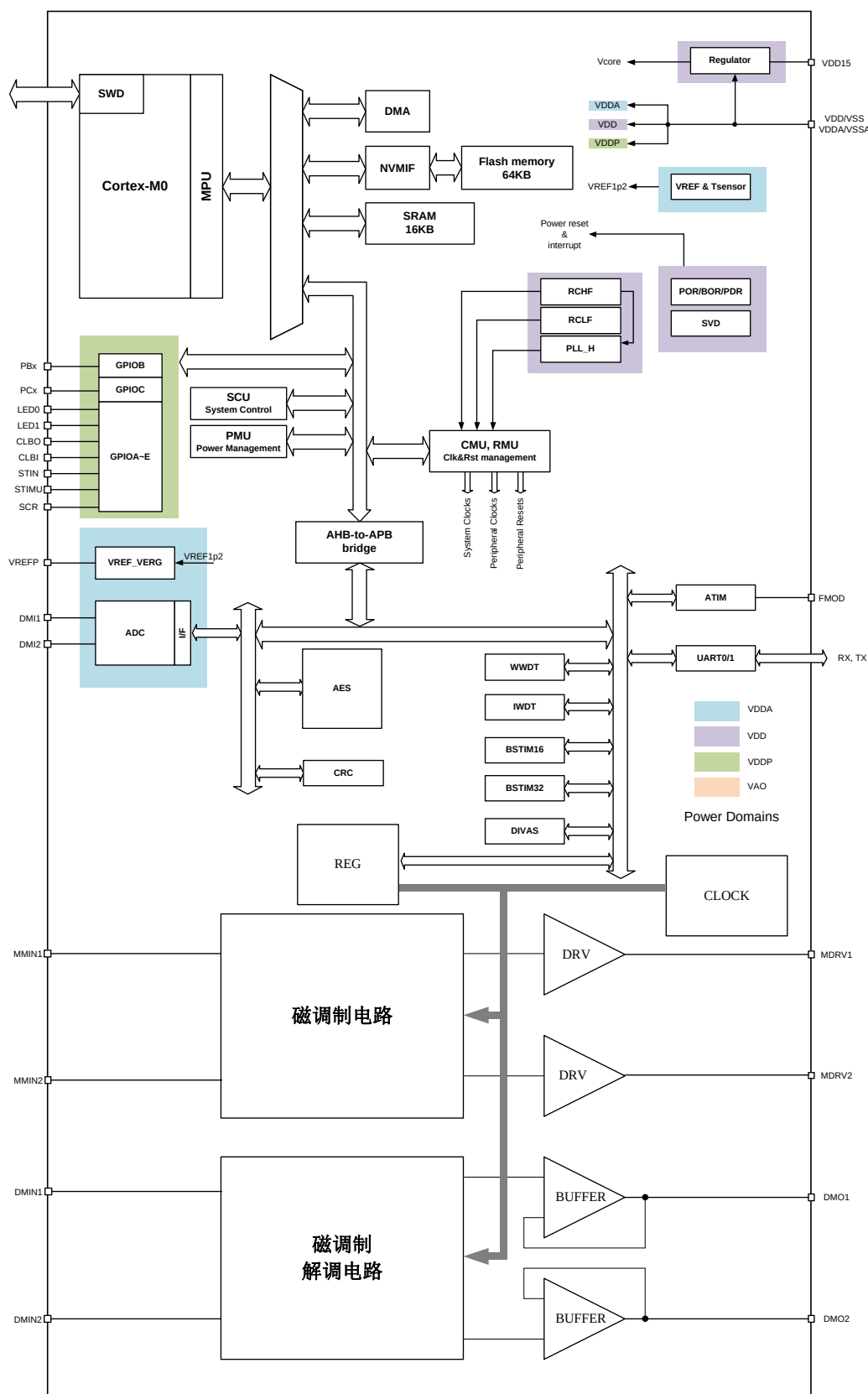
2.2.10 异常码

异常码用于读写命令的回复的具体的异常情况

表 5-1 异常码

异常码	备注
01	无效命令
02	地址不对
03	长度不对
04	校验不对
05	Reserved
...	...
FFFF	reserved

3 电路框图



4 电学特性

测试条件：如无特别说明，默认测试条件为 AVDD=DVDD=IVDD=MVDD=VDD50=5V，接入互感器，室温。

4.1 直流参数

参数名	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	VDD ¹	常温	4.75	5	5.25	V
工作电流	IDD ²	VDD=5V	--	10	100	mA
AVDD 工作电流	IDDA	VDD=5V	--	130	300	uA
IVDD 工作电流	IDDI	VDD=5V	--	360	600	uA
DVDD 工作电流	IDDD	VDD=5V	--	50	200	uA
磁调制工作电流	IDDH	VDD=5V	--	2	80	mA
VDD50	IDD50	VDD=5V	--	3	15	mA
DMO1 输出电压	VDMO1	VDD=5V, CHOPCLK=01	2.3	2.5	2.7	V
DMO2 输出电压	VDMO2	VDD=5V, CHOPCLK=01	2.3	2.5	2.7	V
失调电压	VOS	VDD=5V, 常温, CHOPCLK=“01h”	-80	0	80	mV
MDRV 高电平 输出电阻	RDRVH	VDD=5V, 常温, MDRV 输出端下拉电阻=100 欧 姆	--	10	20	Ω
MDRV 低电平 输出电阻	RDRV L	VDD=5V, 常温, MDRV 输出端上拉电阻=100 欧 姆	--	10	20	Ω
DEMO1 输出阻抗	RO_DEMO1	IDRV_DMOBUF=1h RL=15K Ω	--	0.2	0.5	K Ω
DEMO2 输出阻抗	RO_DEMO2	IDRV_DMOBUF=1h RL=15K Ω	--	0.2	0.5	K Ω

说明：

1. VDD 指 AVDD、DVDD、IVDD、MVDD、VDD50 的电压。
2. IDD 指 AVDD、DVDD、IVDD、MVDD、VDD50 的电流之和。

4.2 Flash 存储器特性

符号	参数说明	测试条件	参数值			单位
			最小值	典型值	最大值	
	Flash size			64K		bytes
TPROG	Byte Program Time		6	-	7.5	μs
TERASE	Sector/Block Erase		4	-	5	ms
	Chip Erase		30	-	40	ms



符号	参数说明	测试条件	参数值			单位
			最小值	典型值	最大值	
NED	Sector Endurance		20,000	100,000		Erase/Write cycles
TDR	Data Retention	T=85℃ After 20K cycling	10			yrs

4.3 交流特性

参数名	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
磁调制频率 1	fmod	MVDD=5V, 线圈匝数=(75+75)匝, 串联电阻为 62 欧姆	1.5		3.5	KHz

1. 磁调制频率与外围线圈和采样电阻有关。

4.4 GPIO 特性

4.4.1 普通 IO

符号	参数说明	测试条件	参数值			单位
			最小值	典型值	最大值	
V _{IL}	输入低电平		0		0.3V _{DD}	V
V _{IH}	输入高电平		0.7V _{DD}		V _{DD}	V
I _{IL}	输入低漏电	V _{IL} =0V	-1		1	μA
I _{IH}	输入高漏电	V _{IH} =5V	-1		1	μA
V _{OL}	输出低电平	V _{DD} =5V	I _{SINK} =5mA	0.45		V
			I _{SINK} =10mA	1.0		
V _{OH}	输出高电平	V _{DD} =5V	I _{SOURCE} =5mA	4.1		V
			I _{SOURCE} =10mA	3.0		
R _{PU}	弱上拉电阻			100		KΩ

4.4.2 NRST 引脚

符号	参数说明	测试条件	参数值			单位
			最小值	典型值	最大值	
V _{IL}	输入低电平		0		0.3V _{DD}	V
V _{IH}	输入高电平		0.7V _{DD}		V _{DD}	V
I _{IL}	输入低漏电	V _{IL} =0V	-1		1	μA
I _{IH}	输入高漏电	V _{IH} =5V	-1		1	μA
R _{PU}	上拉电阻			5		KΩ
T _{AFILTER}	模拟滤波长度 ^[1]	VDD=5V		100		ns
		VDD=3V				ns
T _{DFILTER}	数字滤波长度 ^[1]	VDD=1.8~5.5V -40℃≤T _A ≤85℃	50		100	us

注：[1] 此项参数基于特征参数提取

5 电气原理图

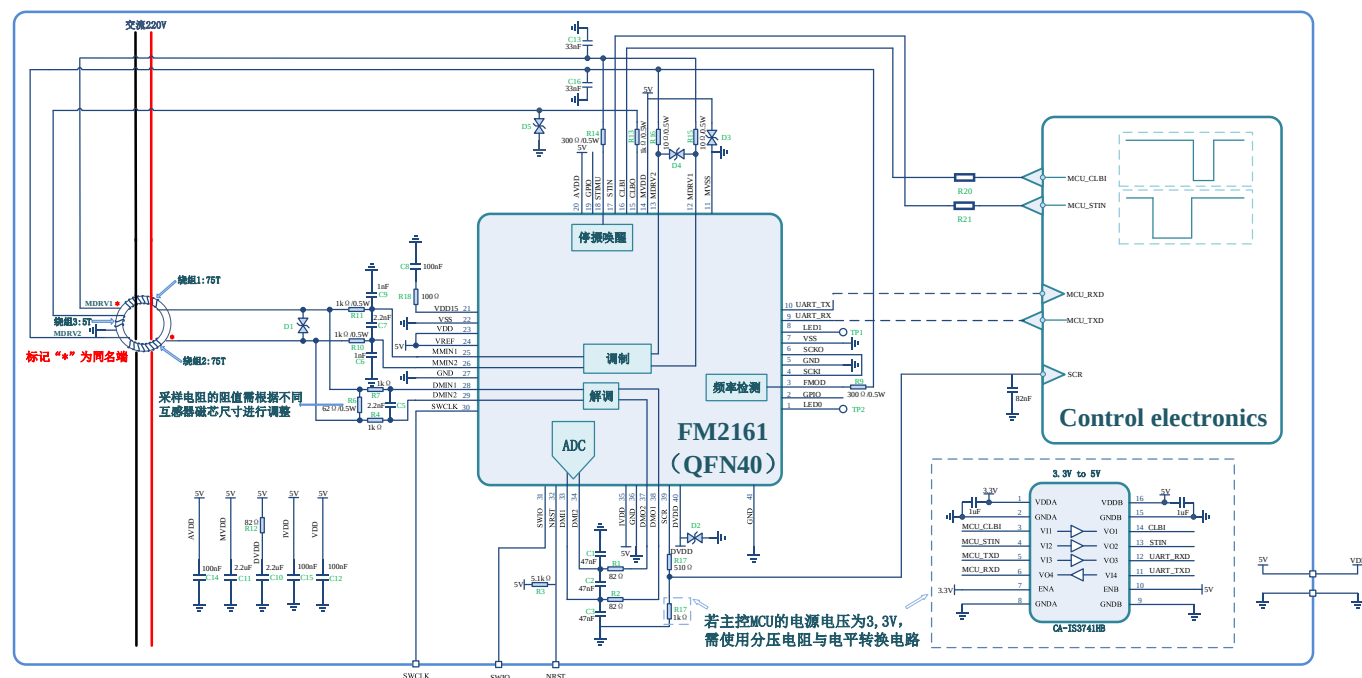
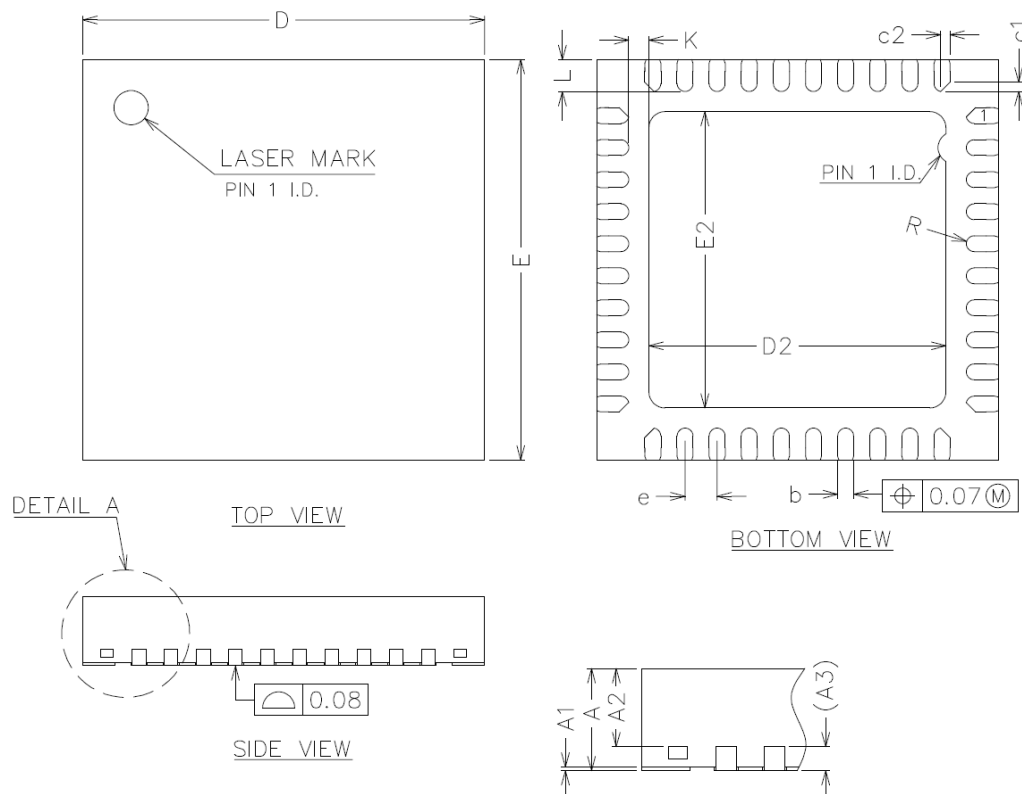


图 5-1 FM2161A 的典型应用电路图

Designator	Description
R10、R11、C6、C7、C9、D1	调制输入滤波电路，过滤干扰信号，浪涌电流保护
R6	采样电阻，阻值需根据不同互感器磁芯尺寸进行调整
R4、R7、C5	解调输入滤波电路，过滤干扰信号
R18、C8	芯片内部 LDO，外接电阻与电容
R3	芯片复位引脚 NRST，外接上拉电路
C1、C2、C3、R1、R2	解调输出滤波电路
R17	芯片动作信号输出 SCR，外接限流电阻
D2、D3	ESD 保护
R9	芯片激磁频率与占空比检测引脚 FMOD，外接限流电阻
R14	芯片互感器反向充电输出引脚 STIMU，外接限流电阻
R15、R16、C13、C16、D1、D4、D5	调制输出保护滤波电路，降低调制信号对外部系统的干扰，浪涌电流保护
R13	芯片校准自检电流输出引脚 CLBO，外接限流电阻
C10、C11、C12、C14、C15	芯片电源退耦电容
R12	芯片 DVDD 电源限流电阻
R20、R21	芯片校准输入引脚 CLBI 与自检输入引脚 STIN，外接限流电阻

6 芯片外形尺寸

单位: mm



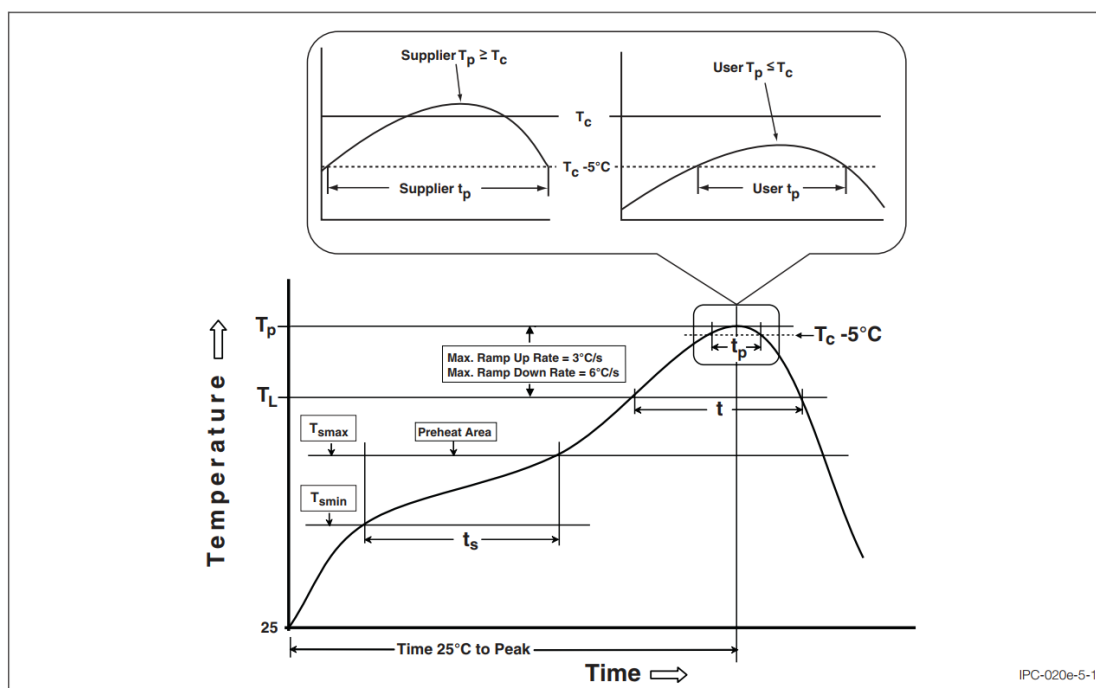
COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.80	0.85	0.90
A1	0	0.02	0.05
A2	0.60	0.65	0.70
A3	0.20REF		
b	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10
D2	3.60	3.70	3.80
E2	3.60	3.70	3.80
e	0.35	0.40	0.45
K	0.20	—	—
L	0.35	0.40	0.45
R	0.075	—	—
C1	—	0.12	—
C2	—	0.12	—

7 工艺参数

7.1 回流焊温度曲线

Profile Feature	Pb-Free Assembly
Preheat/Soak	
Temperature Min (T_{smin})	150 °C
Temperature Max (T_{smax})	200 °C
Time (t_s) from (T_{smin} to T_{smax})	60-120 seconds
Ramp-up rate (T_L to T_p)	3 °C/second max.
Liquidous temperature (T_L) Time (t_L) maintained above T_L	217 °C 60-150 seconds
Peak package body temperature (T_p)	not exceed 260 °C
Time (t_p)* within 5 °C of the specified classification temperature (T_c), see Figure 5-1.	30* seconds
Ramp-down rate (T_p to T_L)	6 °C/second max.
Time 25 °C to peak temperature	8 minutes max.
* Tolerance for peak profile temperature (T_p) is defined as a supplier minimum and a user maximum.	



7.2 湿敏等级

FM2161A 芯片的湿敏等级为 MSL3。

上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务网点

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址：上海市国泰路 127 号 4 号楼

邮编：200433

电话：(86-021) 6565 5050

传真：(86-021) 6565 9115

上海复旦微电子（香港）有限公司

地址：香港九龙尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室

电话：(852) 2116 3288 2116 3338

传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室

邮编：100007

电话：(86-10) 8418 6608

传真：(86-10) 8418 6211

深圳办事处

地址：深圳南山区西丽街道留仙大道创智云城 A7 座 2306-08

邮编：518000

电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611

传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室

电话：(886-2) 7721 1889

传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：47 Kallang Pudding Road, #08-06, The Crescent @ Kallang, Singapore 349318

电话：(65) 6443 0860

传真：(65) 6443 1215

复旦微电子（美国）公司

地址：97 E Brokaw Road, Suite 320, San Jose, CA 95112

电话：(+1)408-335-6936

公司网址：<http://www.fmsh.com/>

版本信息

版本号	发布日期	页数	章节或图表	更改说明
1.0	2021.09.01	20		初稿
1.1	2021.09.26	21		修改电气原理图
1.2	2021.10.27	21		修改电气原理图
1.3	2022.01.12	21		修改芯片引脚说明(PIN4, PIN6)与电气原理图(LDO15 外挂阻值改为 100 欧姆, SCKO 与 SCKI 取消外部连接, 增加采样电阻说明)
1.4	2022.04.08	21		修改电气原理图与芯片引脚说明
1.5	2022.06.07	21		修改电气原理图
1.6	2022.09.29	21		修改芯片引脚示意图 修改芯片引脚说明 修改电气原理图
1.7	2022.11.01	21		修改电气原理图
1.8	2023.01.17	21	1.3.2 1.3.3 2.2.9 5	修改芯片引脚说明 修改芯片上电时序说明 修改寄存器地址表 修改电气原理图
1.9	2023.04.19	23	1.3.2 7	修改芯片引脚说明, 增加 SCR 引脚说明相关内容 增加工艺参数相关内容 将 FM2161 修改为 FM2161A
2.0	2023.04.24	23	4.1	修改直流参数
2.1	2023.06.30	23	1.33 5	修改芯片上电时序说明 修改电气原理图
2.2	2023.11.15	23	5	修改电气原理图
2.3	2023.12.14	23	5	修改电气原理图
2.4	2024.01.05	23	1.33	修改芯片上电时序说明
2.5	2024.01.10	24	1.3 1.41	增加产品型号列表 修改芯片引脚示意图