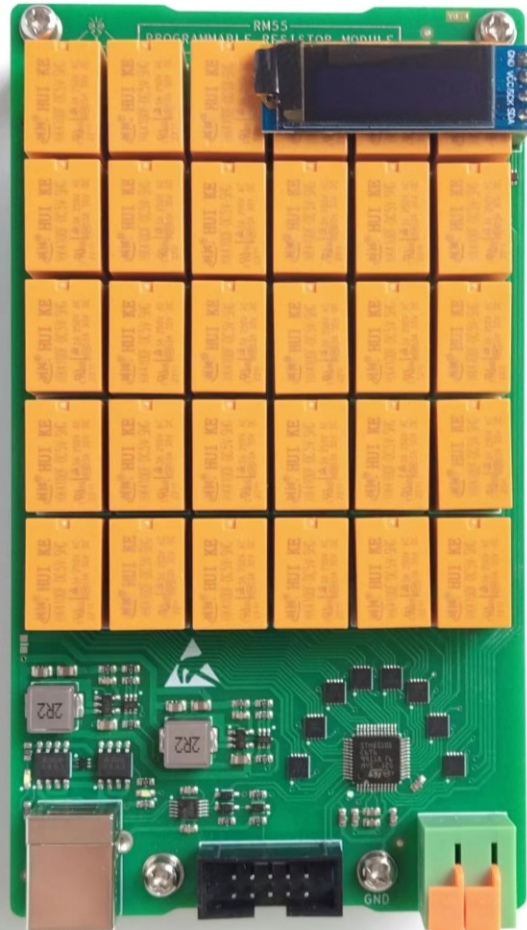


RM55 超经济型程控电阻模块

说明书





RM55 超经济型程控电阻模块覆盖 1Ω - $53M\Omega$ 的输出量程（以及开路 and 短路输出）、拥有 0.5Ω 的步进以及最大 $1.0W$ 的额定功率。尽管作为一款超经济型产品，RM55 在 $1k\Omega$ - $1M\Omega$ 输出范围内表现却十分优秀（保守精度 $\pm 0.1\%$ @ $T_{cal} \pm 10^\circ C$ ），满足一般应用所需。

RM55 的通讯接口继承了 QR10 系列的 USB-COM 口，连接电脑即插即用，方便用户调试和测试；同时，增加了 UART 串口，方便用户将本产品以 PCBA 模块的形式集成到自己的项目中。

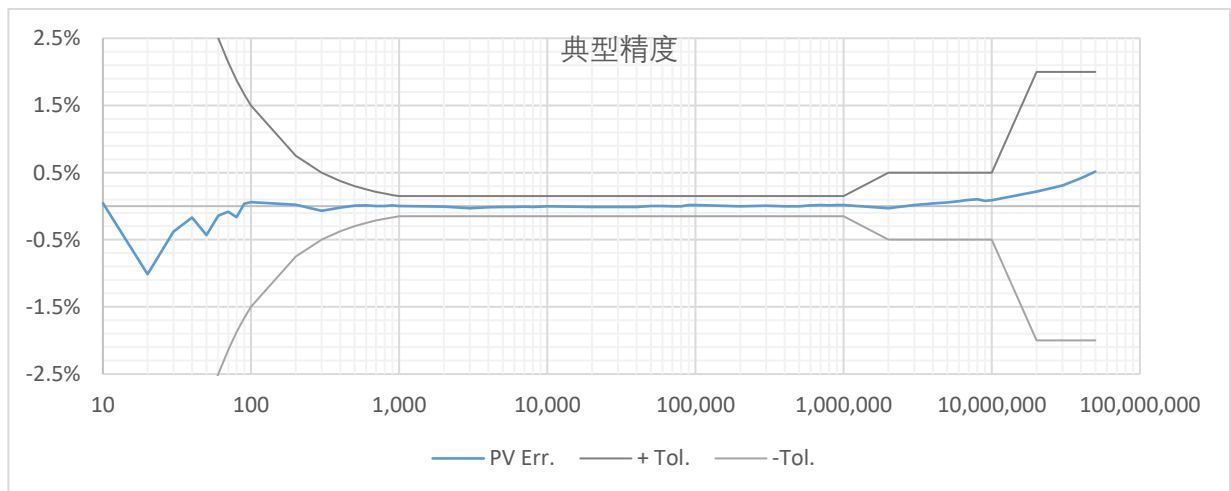
此外，可选的“用户现场校准”功能可进一步提高精度和降低用户维护成本。

特征概览

- 由继电器-电阻网络产生的真实电阻，支持开路和短路输出
- 超级经济型
- 更快的输出响应：
继电器组整体切换时间 $< 14ms$
- 更安全平滑的继电器组切换逻辑：
在继电器组切换过程中输出不会出现开路或短路的情况
- 更多样的通讯接口：
即插即用的 USB-COM（适合人机交互），兼容 TTL 和 COMS 电平的 UART 串口（适合板级通讯）
- 更大量程：
 1Ω - $53M\Omega$ （步进 0.5Ω ）
- 高精度（@ $T_{cal} \pm 10^\circ C$ ）：
 $1k\Omega$ - $1M\Omega$: $\pm 0.1\%$
 $1M\Omega$ - $10M\Omega$: $\pm 0.5\%$
- 最大 $1.0W$ 的额定功率
- 输出阈值安全限制（用户可自定义）
- OLED 显示（可选功能）
- 允许用户现场校准（可选功能）
- 小尺寸：
 7.5 （长） \times 14.2 （宽） \times 1.7 （厚）cm

适用于

- 工业自动化测试
- 传感器模拟
- 传感器校准
- 个人程控电阻箱 DIY
-



订货码

订货码	RM55	<input type="checkbox"/>	-	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		T	: $\pm(0.1\%+1\Omega)^1 @ T_{cal} \pm 10^\circ\text{C}$	50M-R5 : $1\Omega \sim 53\text{M}\Omega^2, 0.5\Omega$ 步进	
	RM55	-OPTION-		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		CABL	: USBType-B 线和 IDC 排线各 1 条		
		OLED	: OLED 显示模块 1 个		
	UCAL	: 用户校准功能			

- 1 具体精度等定义参见后文详细参数。
- 2 精确的输出范围因机而异、因批次而异。一般来说，最大输出的差异在上述表格给定值的 5% 以内，最小输出值大约在 1.0Ω 左右。

规格书

主要参数	RM55x-50M-R5			备注
输出				
精度	等级	T 级 (RM55T) @ $T_{cal} \pm 10^\circ\text{C}$		1. 在继电器全寿命范围，输出电阻低负载功率 ($<0.1\text{W}$) 条件下使用。 2. 以设定值 (量程范围内) 或返回值计算均可 (建议使用返回值计算)。
	范围			
	$< 1\text{k}\Omega$	$\pm 1\Omega$		
	$1\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$	$\pm 0.1\%$		
	$1\text{M}\Omega \sim 10\text{M}\Omega$	$\pm 0.5\%$		
	$> 10\text{M}\Omega$	$\pm 2\%$		
步进 (步长)	约 0.5Ω			
SP 和 PV 差值	< 1 个步长, 典型值为 0.3 个步长			SP: 设定值 PV: 输出值
额定功率	$0.5 \sim 1.0\text{W}$ (最高 100Vdc), 因输出阻值而异			详见串口返回数据
短路和断路输出	支持 (短路电阻典型值 $< 0.1\Omega$)			
继电器类型	机械继电器			
继电器可靠性	额定负载情况下: 大于 1×10^{15} 次 无负载情况下: 大于 1×10^{17} 次			
继电器组切换时间	$< 14\text{ms}$			
继电器组切换模式	顺滑模式, 切换过程中电阻输出不会出现开路或短路			
最大操作频率	0.5Hz (间隔 2s 设置新值)			输出电阻额定功率使用条件下
极限最大操作频率	5Hz (间隔 0.2s 设置新值)			输出电阻微小功率使用条件下
输出端子	按压式快接端子, 两线			

规格书 (续)

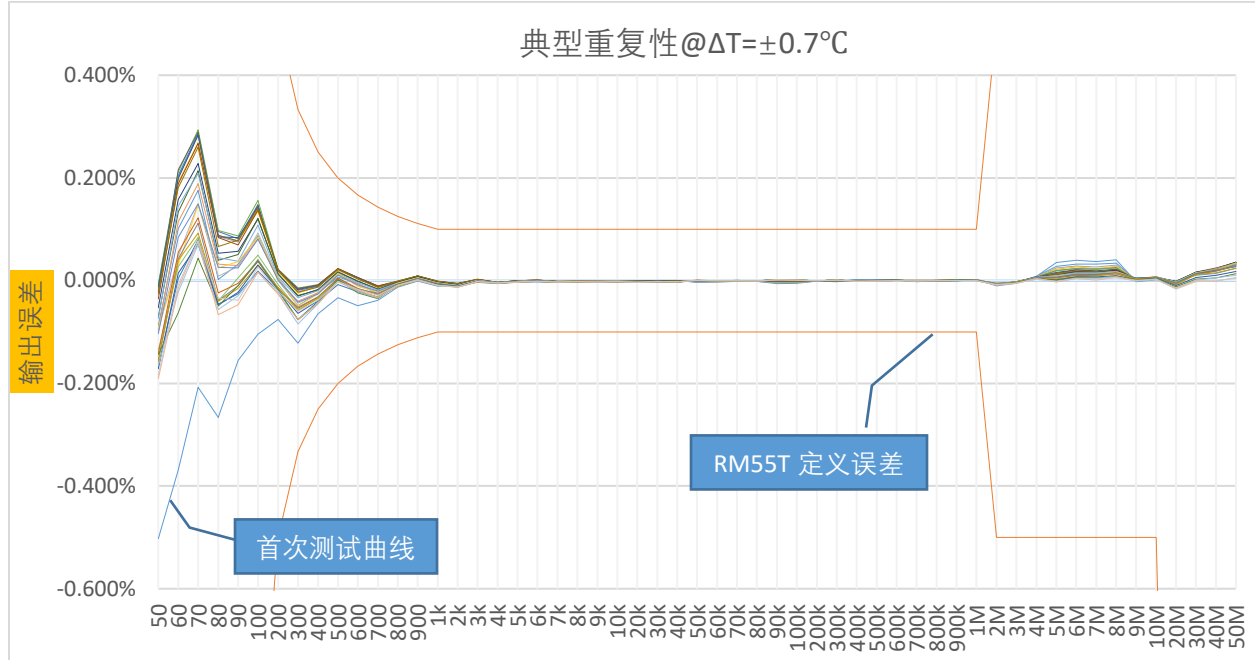
通讯接口		
供电电源	5V±0.25V, 0.7A min.	
极限供电电压	5.5V	
最大峰值电流	约 600mA@5V 供电, 持续 14ms	输出最大电阻时量测
最大静态电流	约 160mA@5V 供电	输出最大电阻时量测
供电端口	USB type-B (次优先级供电) 或 IDC 2.54 排线 (主优先级供电)	
通讯接口类型	USB 转串口和 UART	
USB-COM 驱动芯片	WCH CH340	
波特率及配置	115,200 bps, 数据位 8, 校验位 None, 停止位 1	
通讯协议	私有 AT 指令集 (详见下文)	
附加功能		
环境温度测量	支持, 典型准确度±2°C	
OLED 显示 (选配)	支持 (非标配)。 主要显示模块信息、设定值(SP)、输出值(PV)、 输出两端允许的最高电压(U<)、环境温度和校准源等。	0.91" OLED, 蓝色。
用户现场校准 (选配)	支持 (非标配)。 校准后输出精度*不低于初始精度。	*实际精度与参考表精度、校准操作以及模块硬件稳定性有关
一般规格		
使用环境温度	0 °C to 55 °C	
相对湿度	至 90 % 非凝露	
存储温度	-20 °C 至 75 °C	
尺寸	7.5 (长) × 14.2 (宽) × 1.7 (厚) cm	
重量	160 g	
配件	塑料支撑柱及 M3 螺丝 x4	
配件 (选配)	1.5m 高品质 USB type-B 线 ×1 30cm IDC 2.54 排线 ×1	
质保	1 年	

典型特性

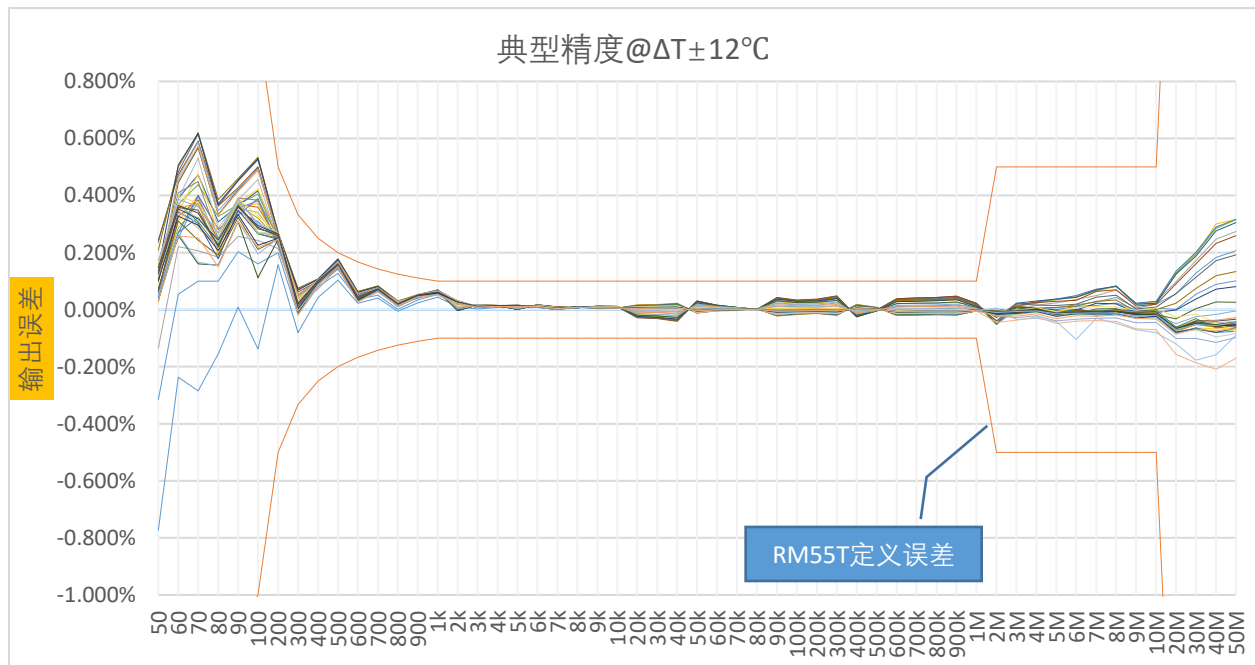
除非另有说明，所有测试基于样品在室温下测试数据，表中精度是指以参考表读数为准的相对精度。

所用参考表的精度在 $<1\text{M}\Omega$ 范围内优于 $\pm 0.02\%$ ，在 $10\text{M}\Omega$ 量程不确定性约为 $\pm 0.06\%$ ，在 $100\text{M}\Omega$ 量程不确定性约为 $\pm 0.26\%$ 。推算绝对精度时应考虑该参考表的不确定度。

定义: $\Delta T = \text{测试时的环境温度} - \text{校准时环境温度}$

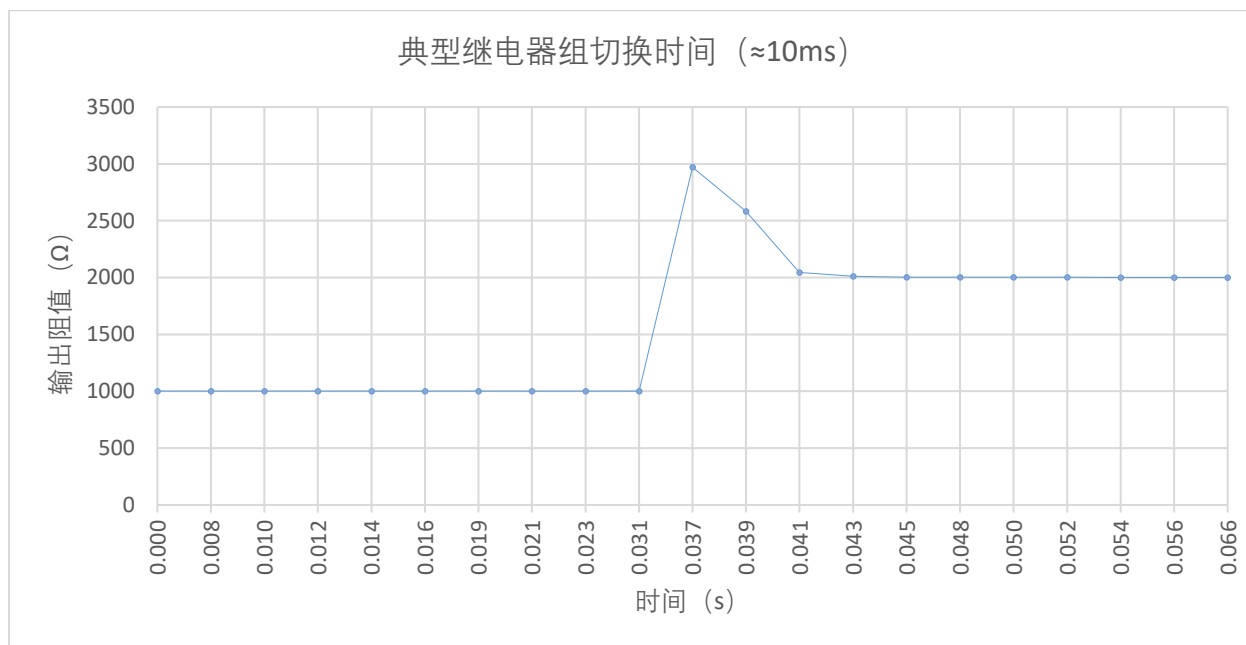


上图：重复性是基于同一样品在室温/ T_{cal} （波动范围约 $\pm 0.7^\circ\text{C}$ ）条件下连续测试约 30 轮的结果

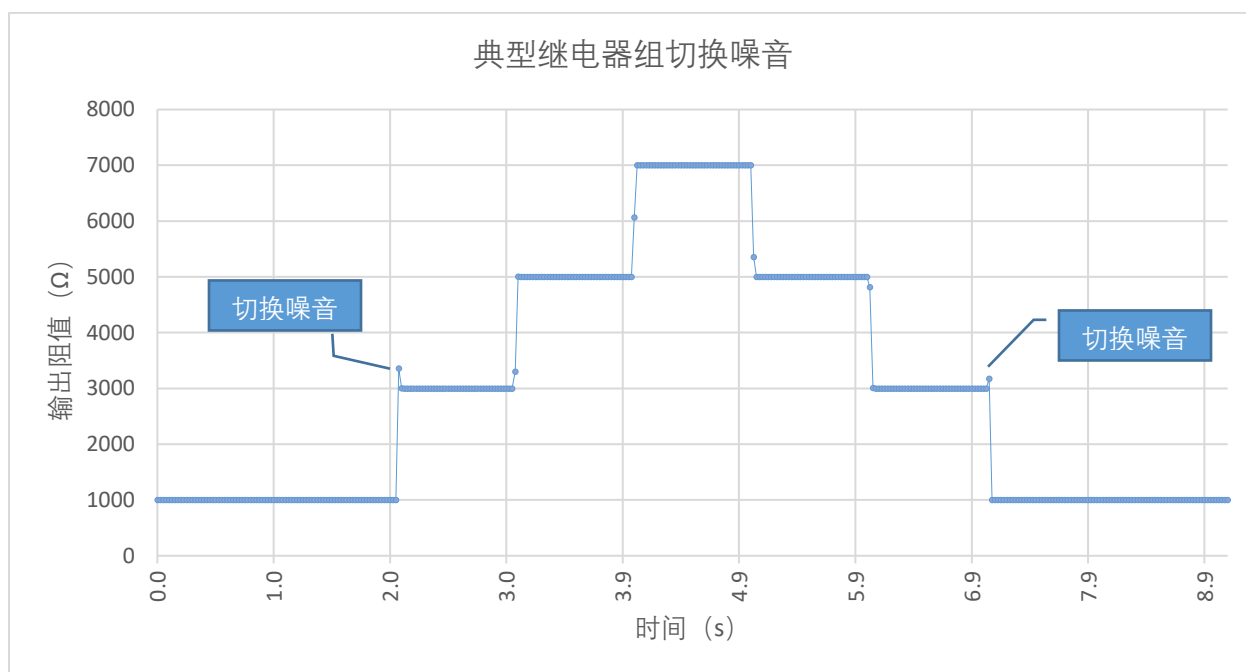


上图：精度是基于同一样品在恒温箱内（温度变化区间： $T_{\text{cal}} - 12^\circ\text{C} \sim T_{\text{cal}} + 12^\circ\text{C}$ ）连续测试约 40 轮的结果

典型特性(续)

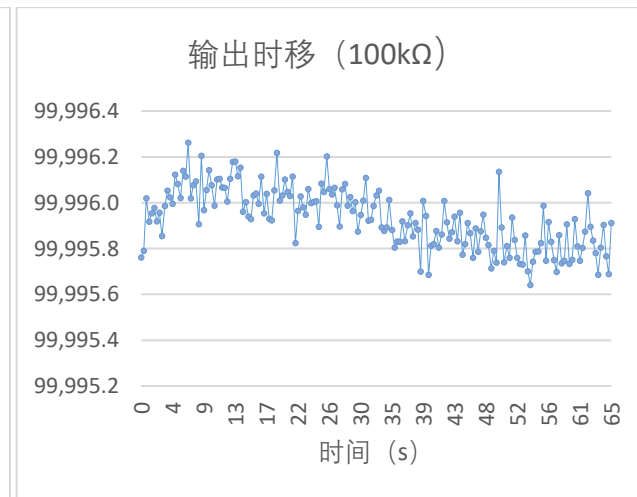
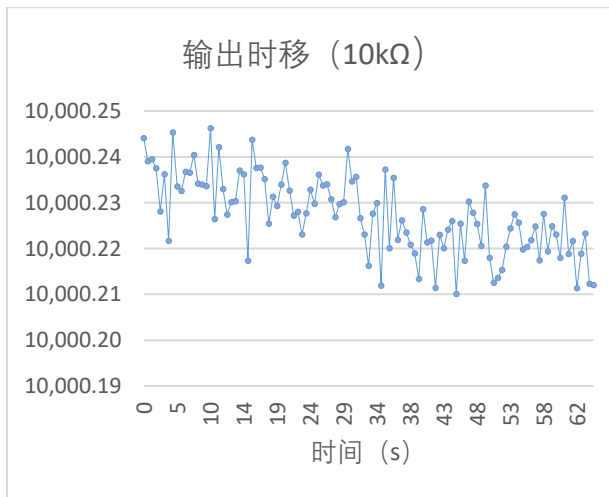
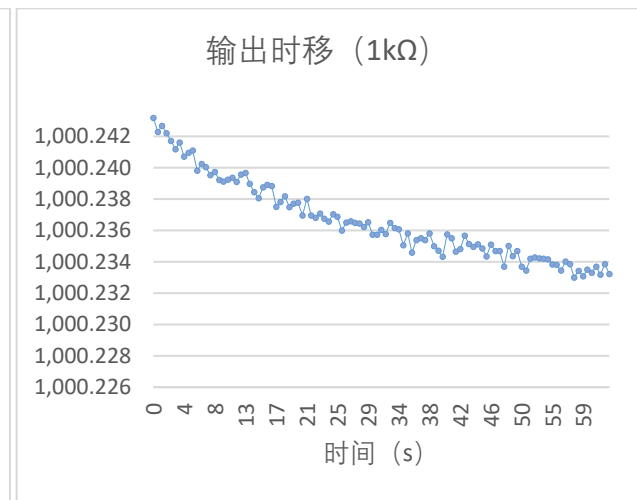
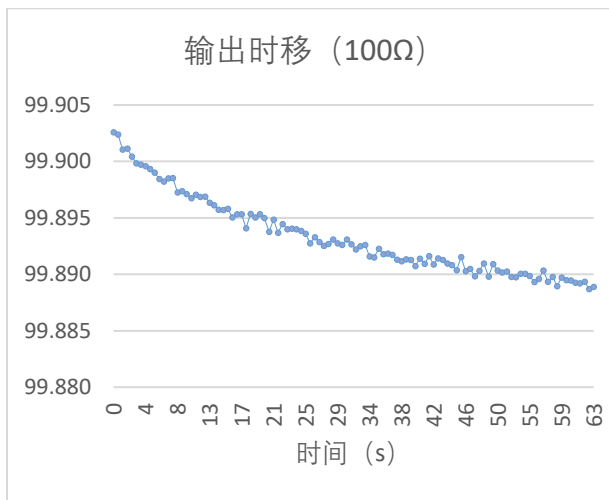
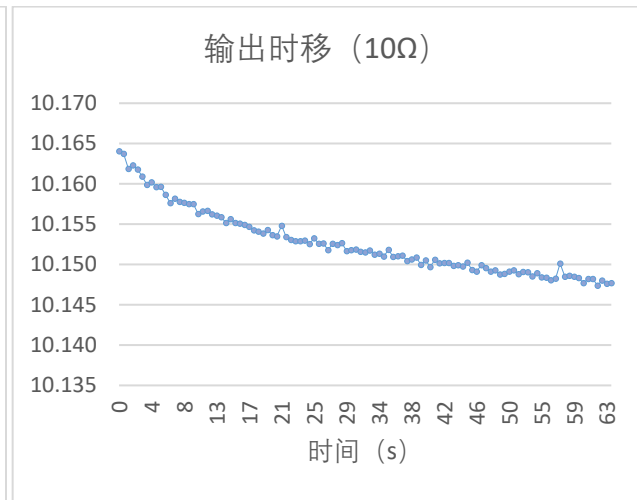
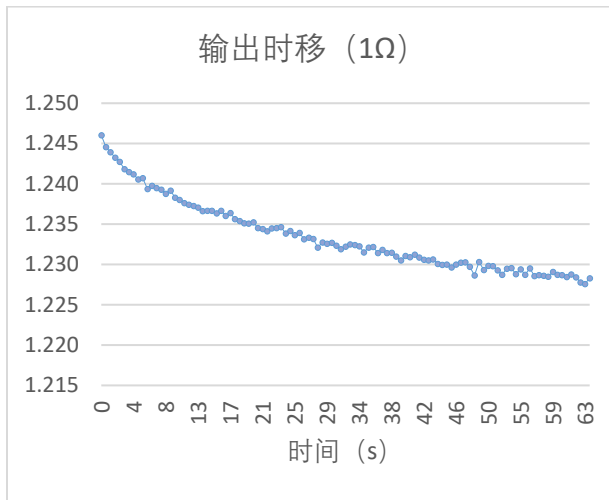


上图：继电器组切换时间抽取 $1\text{k}\Omega$ 切换至 $2\text{k}\Omega$ 这一上升沿进行量测，代表典型的切换过程。

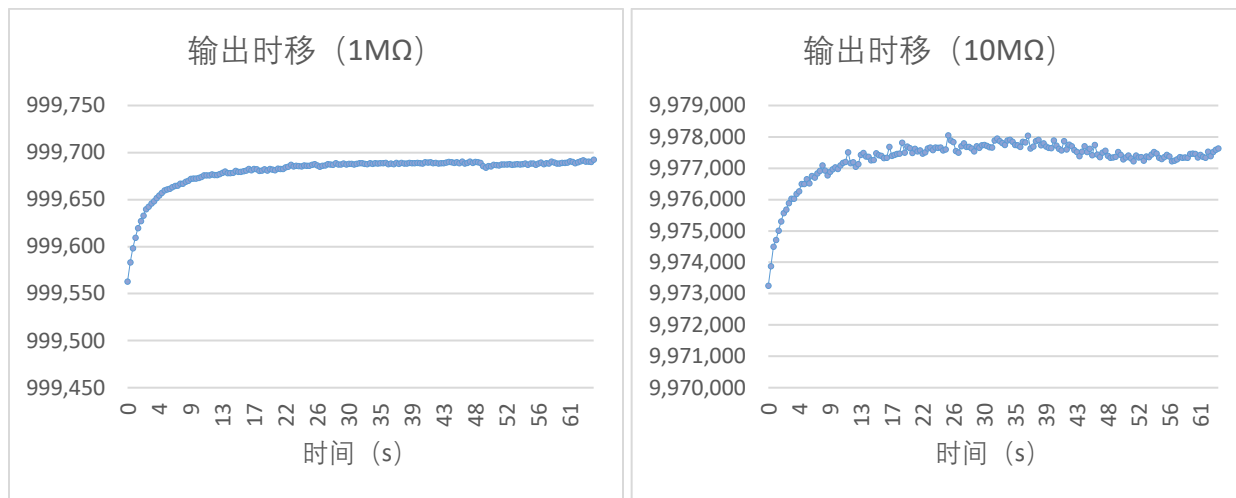


上图：由继电器切换产生的“输出电阻噪音”产生于上升沿或下降沿，在部分切换过程中较为明显。需要指出的是，由于 RM55 模块采用“顺滑切换”算法，这个噪音峰值不会超过旧阻值（切换之前的输出电阻值）和新阻值（切换之后的输出电阻值）之和，也不会小于新阻值，因此在切换过程中杜绝了短时的开路或短路现象。

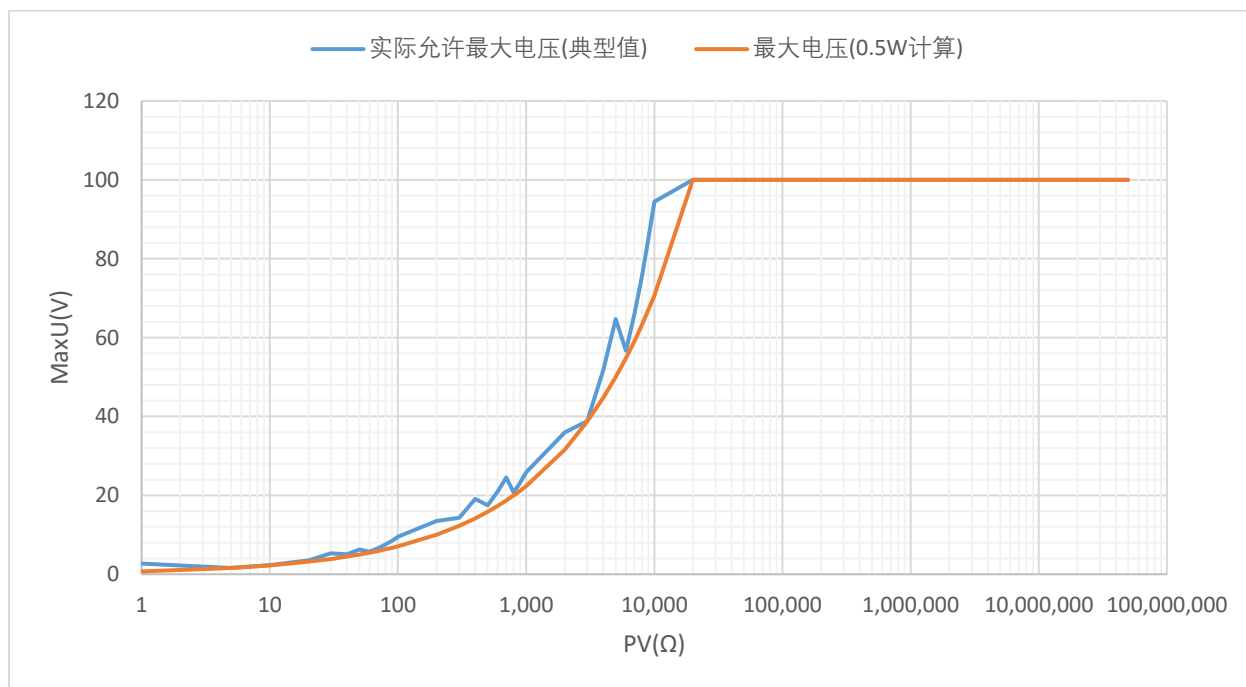
典型特性(续)



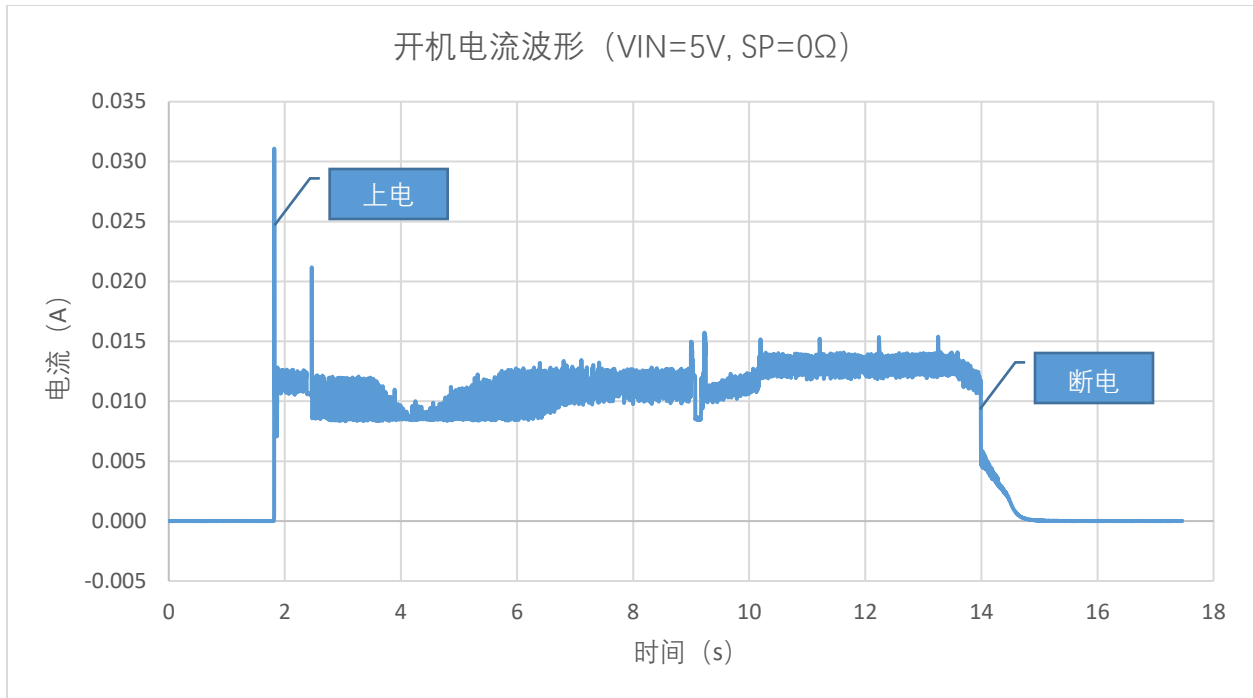
典型特性(续)



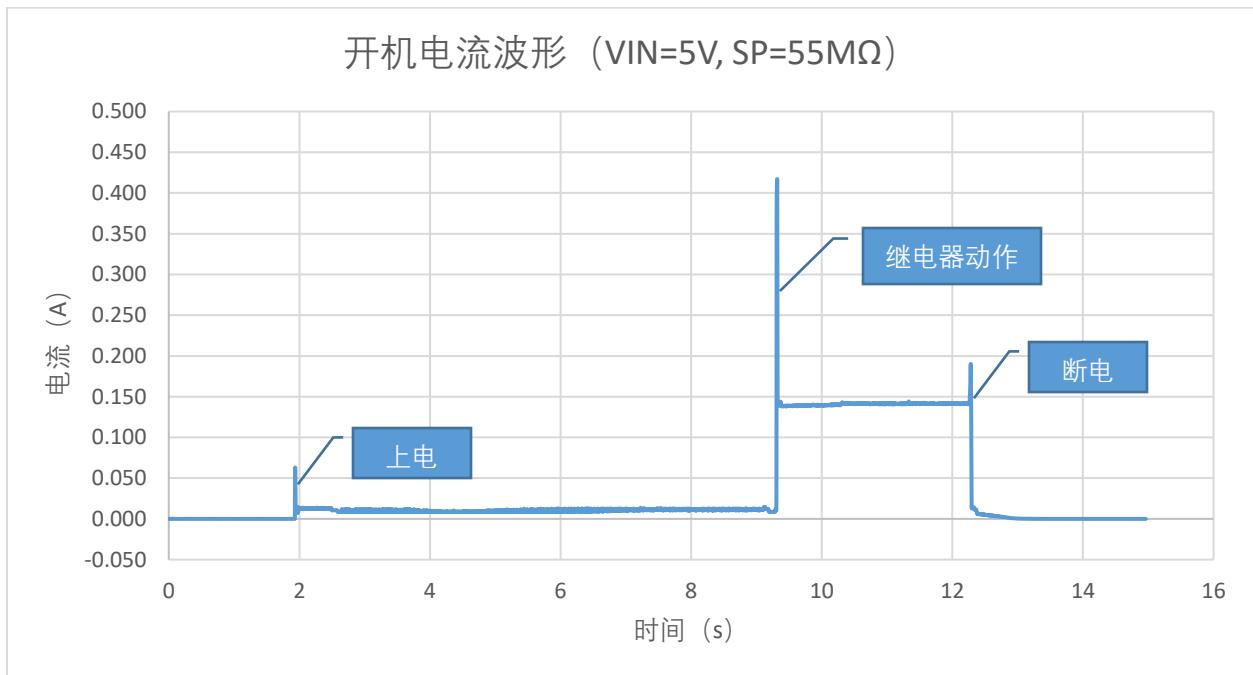
以上各图：由于受继电器 EMF、寄生电容/电感、测量仪器或测量方法等因素的影响，通常输出电阻测量值需要经过一段时间才能稳定下来，这个过程可能持续数秒乃至数分钟。在高精度应用中或许应该考虑到这一点（更高标准的应用推荐 QR10 系列）。测试方法是在输出新值的第一瞬间（t=0）开始测量，并记录约 1min 左右的测量数据。



上图：基础电阻的额定功率是 0.5W，而实际上对于绝大多数的输出值（PV），其额定功率通常在 0.5W 至 1W 之间。用户可根据串口实际返回的 MaxU 来使用；简化起见，也可一律按照 0.5W 根据公式 $MaxU = \sqrt{PV \cdot 0.5}$ 计算出的额定电压来处理。需要注意的是，输出电阻两端最大施加电压不能超过 100V。

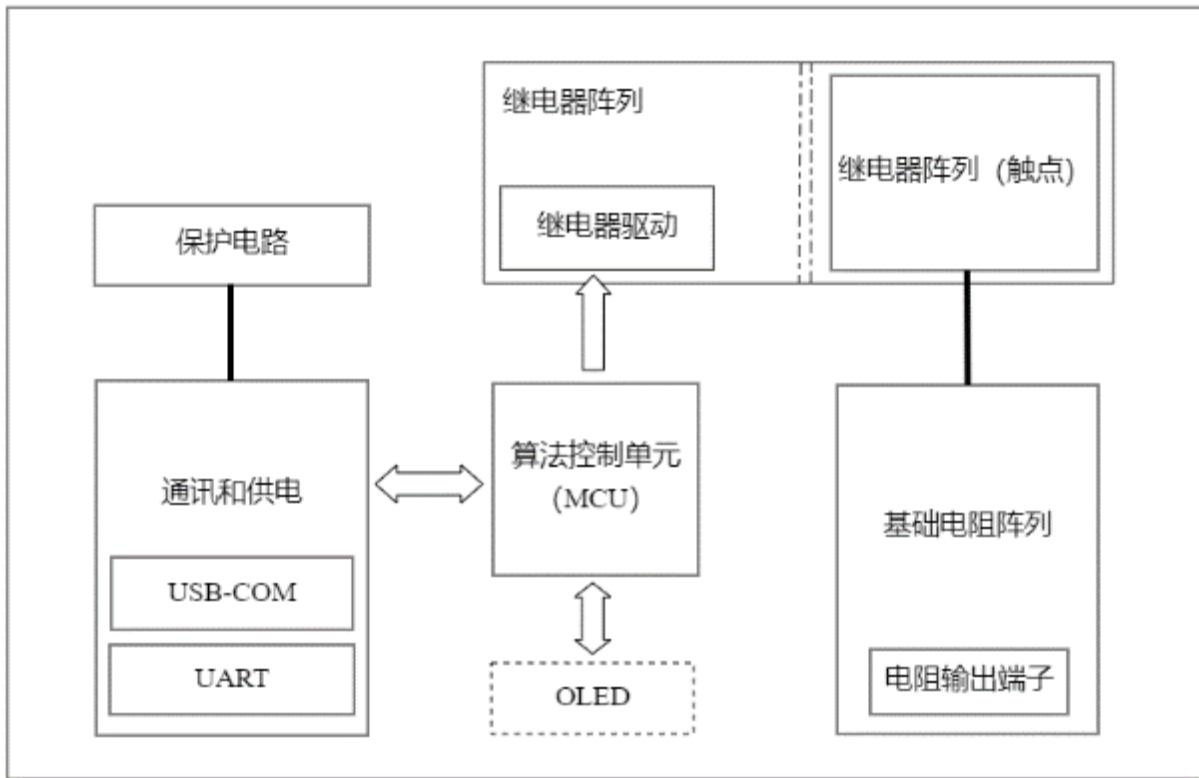


上图：典型模块开机电流波形（带 OLED 显示模块）。设定值 SP=0Ω（模块输出最小值）



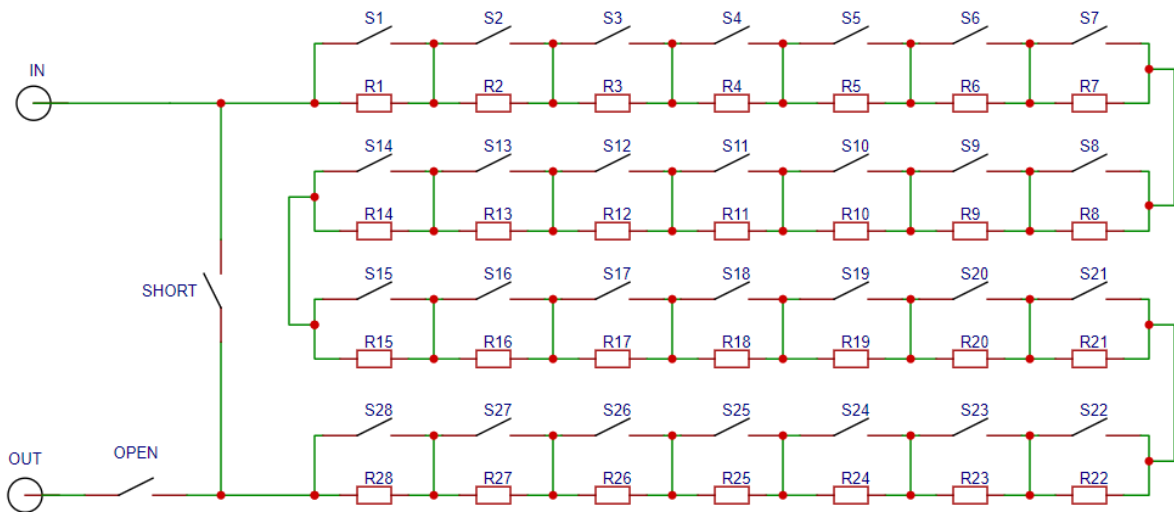
上图：典型模块开机电流波形（带 OLED 显示模块）。设定值 SP=55MΩ（模块输出最大值）

模块系统框图



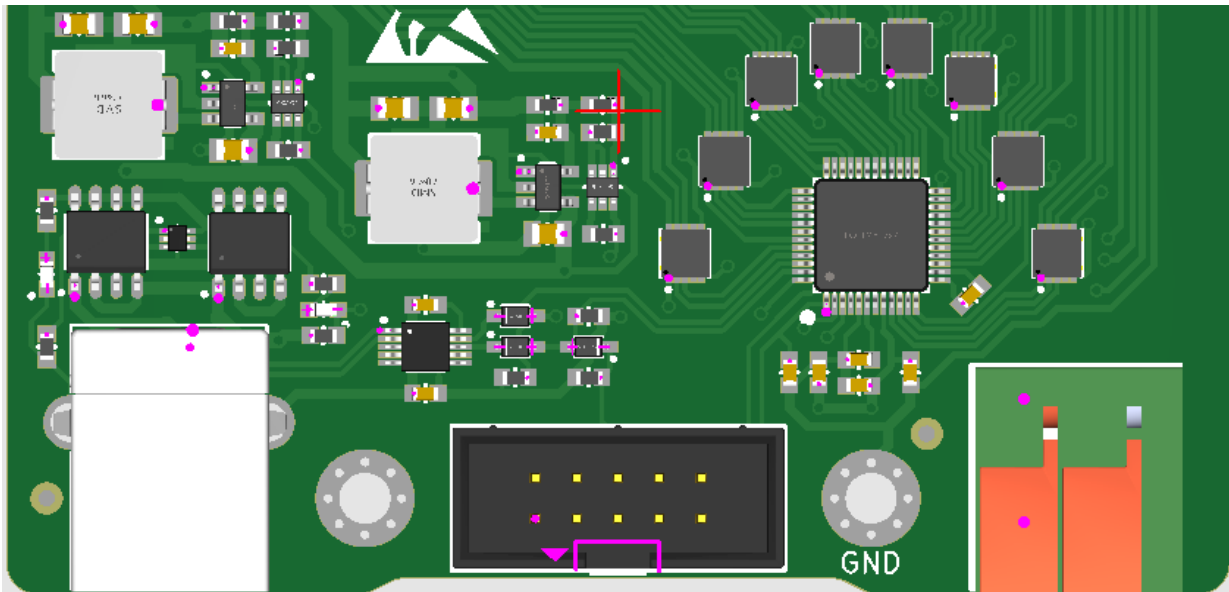
上图：RM55 模块系统框图

工作原理

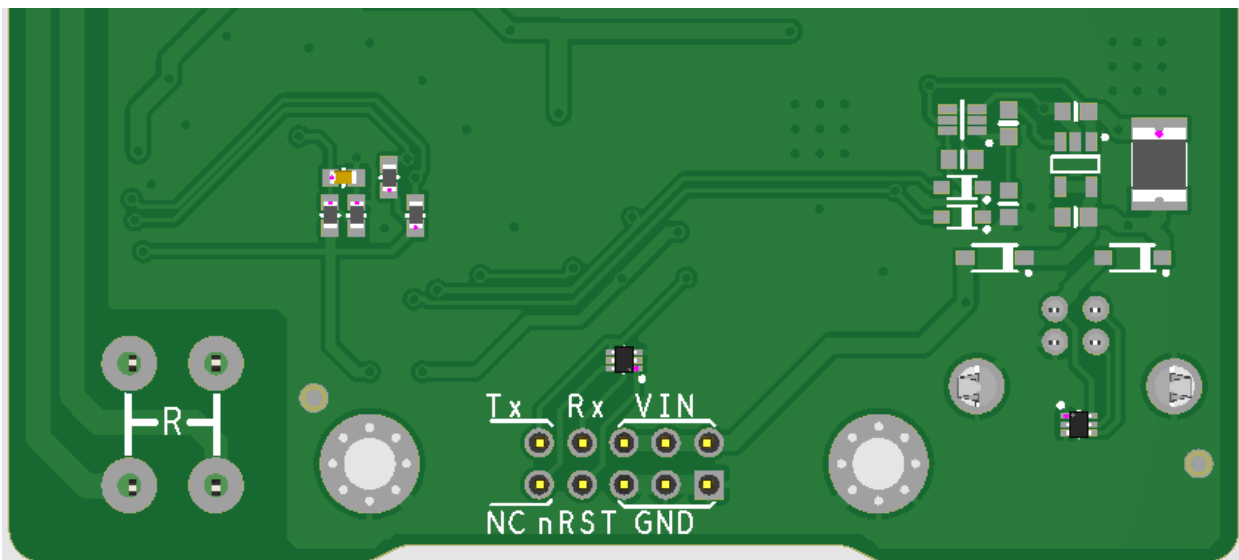


上图：继电器-基础电阻阵列以及输出短路、断路原理图（注：未通电状态下，图中开关 OPEN 和 SHORT 为开启状态，S1-S28 为闭合状态）

端口信号分配



上图：模块 TOP 视图（局部）



上图：模块 BOT 视图（局部）

其中 IDC 连接器（中）的引脚信号分配为：

信号名称 (引脚序号)	功能
Tx (10)	UART 发送，兼容 3.3V/5V TTL/CMOS 电平
Rx (8)	UART 接收，兼容 3.3V/5V TTL/CMOS 电平
VIN (2,4,6)	电源输入正极，输入电压范围：4.75~5.25V。具备主优先级（接入电源后会屏蔽 USB 端口对模块的供电，但通过 USB 仍可以发送和接收数据）
NC (9)	悬空
nRST (7)	模块复位，低电平有效
GND (1,3,5)	电源输入负极

使用须知



防静电措施

本产品以 PCBA 模组形式提供给用户，尽管在设计中各主要接口增加了 ESD 防护，然而用户在安装、调试、测试过程中需做好静电防护，以防静电损伤或损坏元器件。



防触电！

由于本产品输出电阻支持最高 100V DC/AC 的电压，高压使用时务必做好防护，禁止触碰电路板（特别是电阻继电器区域裸露的针脚）避免人员或设备受损。

使用环境温度和湿度

请在推荐使用环境范围内使用。过高温度可能导致本模块工作异常或损坏，以及导致输出电阻额定功率的下降；高湿度或凝露可能影响输出电阻（特别是 1MΩ 以上）的准确度以及减少继电器的使用寿命。

安装

电路板请勿直接将其背面（基础电阻所在面）直接放置在桌面上调试或测试，因为这样可能造成高阻值测量异常。推荐安装好附送的塑料支架后再使用。需要指出的是，四个 M3 安装孔是与信号地（GND）连接的，将本产品集成在其他系统时应注意这一点。

按压式输出端子用于电阻输出，请使用合适的线径（22 – 14 AWG）。过粗或过细的导线均会造成接触不良。

供电

使用 USB 2.0 及以上的标准 USB 端口即可为本产品供电（以及串口通讯），需要注意的是本产品在继电器切换时需要峰值电流最大约为 700mA（最长持续 14ms）。

此外，通过 IDC 排线也可以为线路板供电，并且是作为高优先级（USB 电源此时被切断，但是 USB 端口仍然可以作为通讯接口使用）。推荐 5.0V 作为供电输入，在高温环境中使用可适当提高供电电压，但最大不得超过 5.5V，否则电路板芯片可能被损坏。

请使用低纹波电源为本产品供电。

测试

模块电阻输出默认是断路状态（Normal Open），因此每次上电后需要发送指令来闭合对应继电器。

上电后，需要等待 OLED 进入主界面才可正常发送控制指令（不带 OLED 的型号也需要等待数秒钟）。

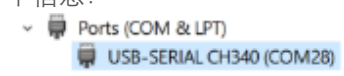
对用户来说，不能在同一时刻使用 USB-COM 接口和 UART 接口发送指令，否则会造成模块接收信息混乱。

用户校准（选配）

拥有可信赖的参考表和正确的操作（特别是 1MΩ 以上的测量）可使模块在校准后至少达到规格书上声称的精度。一般来说，更换相近阻值的基础电阻也不影响校准算法（DIY 用户可更换更低温漂或更大额定功率的电阻）。然而受硬件性能等因素所限，不应当对校准后的精度有更高的期待（比如全量程范围达到 0.01 级）。

AT 指令集

用户可通过串口控制软件在 PC 端控制设备的输出、执行用户校准以及查看设备信息等内容。
UART 端口与 USB-COM 口共享同一指令集和通讯协议配置。

通讯环境配置		
驱动芯片	WCH CH340	WIN 驱动链接 MAC 驱动链接
驱动安装方法	使用 USB type-C 数据线连接本模块与电脑。电脑自行搜索安装驱动或手动安装驱动。	如正确安装，在 Windows 系统“设备管理”中可看到如下信息： 
波特率及配置	115,200 bps, 数据位 8, 校验位 None, 停止位 1	
指令结束符	\r 或 \n	注意：每条指令末尾需加入指令结束符。

AT 指令集列表

序号	功能描述	指令 (每条指令末尾需加入指令结束符)	缺省单位	示例/备注
① 基础指令				
1	干路 OPEN 继电器闭合	AT+RES.CONNECT		TX: AT+RES.CONNECT RX: +OK. 注: OPEN 继电器为常开 (Normal Open), 因此需要在每次上电后将之闭合才能正常输出电阻
2	干路 OPEN 继电器断开	AT+RES.DISCONNECT		TX: AT+RES.DISCONNECT RX: +OK. 注: 该指令实现输出电阻开路
3	干路 SHORT 继电器闭合	AT+RES.SHORT		TX: AT+RES.SHORT RX: +OK. 注: 该指令仅仅将 SHORT 继电器闭合。要实现输出电阻短路, 必须将 OPEN 继电器也闭合
4	干路 SHORT 继电器断开	AT+RES.UNSHORTEN		TX: AT+RES.UNSHORTEN RX: +OK. 注: 该指令将 SHORT 继电器断开, 恢复常态 NO
5	查询 SP	AT+RES.SP?	Ω	TX: AT+RES.SP? RX: +RES.SP=100.0
6	设置 SP	AT+RES.SP= <i><float string></i>	Ω	TX: AT+RES.SP=100 RX: +OK. +CalSrc=F +SP(R)=100.0 +PV(R)=100.2 +UMax(V)=9.5 +RLimit(R)=0.0 +TAmb(C)=27.84

AT 指令集列表 (续)

7	设置 SP (递增)	AT+RES.SP+=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP+=100 RX: +OK. +CalSrc=F +SP(R)=200.0 +PV(R)=200.2 +UMax(V)=13.5 +RLimit(R)=0.0 +TAmb(C)=28.04
8	设置 SP (递减)	AT+RES.SP-=<float string>	Ω	
9	查询最小输出限制值	AT+RES.RLIMIT?	Ω	TX: AT+RES.RLIMIT? RX: +RES.RLIMIT=0.0
10	设置最小输出限制值	AT+RES.RLIMIT=<float string>	Ω	TX: AT+RES.RLIMIT=500 RX: +OK. +CalSrc=F +SP(R)=200.0 +PV(R)=500.2 +UMax(V)=17.5 +RLimit(R)=500.0 +TAmb(C)=28.04 注: 上述指令将最小输出 RLIMIT 设置为 500。此时尽管 SP=200, 但是 PV 此时跟随 RLIMIT。
11	当前设定值 SP 保存	AT+RES.SP.SAVE		注: 使用这条指令可保存当前设定值在 EEPROM 中, 下次上电后自动装载。不建议频繁使用。
12	获取环境温度	AT+RES.T_AMBIENT?		
13	获取输出电阻详细信息	AT+RES.INFO?		TX: AT+RES.INFO? RX: +RES.INFO: .CalSrc=F .SP(R)=200.0 .PV(R)=500.2 .UMax(V)=17.5 .RLimit(R)=500.0 .TAmb(C)=28.5 .TCal(C)=20.4
② 模块信息查询				
14	查询模块类型	AT+DEV.TYPE?		TX: AT+DEV.TYPE? RX: +DEV.TYPE=RM55T-50M-R5
15	查询生产日期	AT+DEV.PROD?		TX: AT+DEV.PROD? RX: +DEV.PROD=20230325
16	查询模块序列号	AT+DEV.SN?		TX: AT+DEV.SN? RX: +DEV.SN=55000001
17	查询固件版本	AT+DEV.FW?		TX: AT+DEV.FW? RX: +DEV.FW=0.34
18	查询硬件版本	AT+DEV.HW?		TX: AT+DEV.HW? RX: +DEV.HW=0.4H

AT 指令集列表 (续)

19	查询继电器使用次数	AT+DEV.RL_CNT?		TX: AT+DEV.RL_CNT? RX: +DEV.RL_CNT=0
20	查询错误代码	AT+DEV.ERRCODE?		TX: AT+DEV.ERRCODE? RX: +DEV.ERRCODE=<null>
21	查询模块综合信息	AT+DEV.INFO?		TX: AT+DEV.INFO? RX: +DEV.INFO: .SN=55000003 .TYPE=RM55T-50M-R5 .PRDSTEP=CHEK .FW=0.43 .HW=0.4H .TCR(ppm)=50 .PWR(W)=0.5 .MAXU(V)=100.0 .PROD=20230327 .RL_CNT=167 .ERRCODE=<null>
③ 用户校准				
22	查询校准数据引用源	AT+UCAL.EN?		TX: AT+UCAL.EN? RX: +UCAL.EN=1 返回值为 1: 用户校准数据已启用 (工厂校准数据已禁用) 返回值为 0: 用户校准数据已禁用 (工厂校准数据已启用)
23	设置校准数据引用源	AT+UCAL.EN=1 or 0		TX: AT+UCAL.EN=0 RX: +OK. 参数为 1: 启用用户校准数据 (禁用工厂校准数据) 参数为 0: 禁用用户校准数据 (启用工厂校准数据)
24	设置最小值输出	AT+UCAL.MIN!		
25	写入用户校准数据 (最小值)	AT+UCAL.MIN=<float string>	Ω	TX: AT+UCAL.MIN=0.845 RX: +OK. 注: 手动量测输出最小值并通过该指令存储在模块内。
26	设置最大值输出	AT+UCAL.MAX!		
27	写入用户校准数据 (最大值)	AT+UCAL.MAX=<float string>	Ω	TX: AT+UCAL.MAX=53400000 RX: +OK. 注: 手动量测输出最大值并通过该指令存储在模块内。

AT 指令集列表 (续)

28	写入用户校准数据 (各基电阻阻值)	AT+UCAL.CH<i>=<float string>	Ω	TX: AT+UCAL.CH0=0.52 RX: +OK. TX: AT+UCAL.CH1=1.0 RX: +OK. ... <i>的取值范围: 0~27, CH0 对应 PCBA 上 TP0 和 TP1 之间的基电阻阻值, CH1 对应 TP1 和 TP2 之间的基电阻阻值, 详见下文使用示例。
29	查询用户校准时的环境温度	AT+UCAL.TCAL?		
30	设置用户校准时的环境温度	AT+UCAL.TCAL=<float string>		TX: AT+UCAL.TCAL=22.9 RX: +OK.
31	查询用户校准日期	AT+UCAL.DATE?		
32	设置用户校准日期	AT+UCAL.DATE=<string>		<string>长度限制为 8Byte
33	校准数据刷新	AT+UCAL.UPDATE		在写入用户校准数据后发送改指令使变更立即生效, 一般用于部分校准数据变更后。
34	查询用户校准综合信息	AT+UCAL.INFO?		TX: AT+UCAL.INFO? RX: +USER.CAL.INFO: .EN=FALSE .DATE=20220326 .Tcal(C)=22.90 .MAX(cali,R)=53400000 .MAX(math,R)=53766912 .MIN(R)=0.8450 .CH0(R)=0.5200 .CH1(R)=1.0300 .CH2(R)=2.0000 .CH3(R)=4.0000 .CH4(R)=7.9650 .CH5(R)=15.1300 .CH6(R)=30.0300 .CH7(R)=54.8400 .CH8(R)=109.4600 .CH9(R)=219.3500 .CH10(R)=408.2000 .CH11(R)=746.8599 .CH12(R)=1541.8299 .CH13(R)=2987.3298 .CH14(R)=5603.5000 ...

使用示例 1（普通操作，测量精度）

- 步骤 1: 上电后发送 AT+RES.CONNECT\r\n 闭合干路 OPEN 继电器
- 步骤 2（可选）: 若长期未使用，发送 AT+UCAL.MAX!\r\n 防止继电器触点粘连。
- 步骤 3: 发送 AT+RES.SP=<设定值>\r\n

使用示例 2（模拟开路和短路）

- 步骤 1: 上电后发送 AT+RES.CONNECT\r\n 闭合干路 OPEN 继电器
- 步骤 2: 发送 AT+RES.SHORT\r\n 闭合 SHORT 继电器，此时输出短路
- 步骤 3: 发送 AT+RES.DISCONNECT\r\n 复位干路 OPEN 继电器，此时输出开路

使用示例 3（用户校准）

- 步骤 1: 断电状态下测出 TPO 和 TP30 之间的电阻（一般情况下为 0.8~1.2Ω），记录为 RMin
- 步骤 2: 上电后发送 AT+RES.CONNECT\r\n 闭合干路 OPEN 继电器
- 步骤 3: 发送 AT+RES.MAX!\r\n 将输出设置为最大值，记录为 RMax
- 步骤 4: 可借助模块上标注的测点 TPO-TP30，正确量测出相邻测点之间的电阻并记录。其对照表如下：

基础电阻	量测测点	基础电阻	量测测点
CH0	TP0 - TP1	CH15	TP18 - TP19
CH1	TP1 - TP2	CH16	TP19 - TP20
CH2	TP2 - TP3	CH17	TP20 - TP21
CH3	TP3 - TP4	CH18	TP21 - TP22
CH4	TP4 - TP5	CH19	TP22 - TP23
CH5	TP6 - TP7	CH20	TP24 - TP25
CH6	TP7 - TP8	CH21	TP25 - TP26
CH7	TP8 - TP9	CH22	TP26 - TP27
CH8	TP9 - TP10	CH23	TP27 - TP28
CH9	TP10 - TP11	CH24	TP28 - TP29
CH10	TP12 - TP13	CH25	TP30 - TP31
CH11	TP13 - TP14	CH26	TP31 - TP32
CH12	TP14 - TP15	CH27	TP32 - TP33
CH13	TP15 - TP16		
CH14	TP16 - TP17		

- 步骤 5:
发送 AT+UCAL.MIN=<RMin>\r\n
发送 AT+UCAL.MAX=<RMax>\r\n
发送 AT+UCAL.CH0=<CH0>\r\n
发送 AT+UCAL.CH1=<CH1>\r\n
...
发送 AT+UCAL.CH27=<CH27>\r\n
发送 AT+UCAL.TCAL=<环境温度>\r\n
发送 AT+UCAL.DATE=<校准日期>\r\n，建议格式为 yyyymmdd
发送 AT+UCAL.INFO? \r\n 检查写入数据是否正确
如需应用用户校准的数据，发送 AT+UCAL.EN=1\r\n

使用示例 4 (Debug)

步骤1: 发送AT+DEV.INFO?\r\n获取模块信息,

主要查看使用次数 (RL_CNT) 和错误代码 (ERRCODE), 此外看其他信息是否正常 (是否存在乱码情况)。

步骤2: 发送AT+RES.INFO?\r\n获取输出相关的信息。

主要查看校准源 (CalSrc) 和最小输出限制 (RLimit)。若校准源是“U (来自用户校准)”, 则执行步骤3。

步骤3: 发送AT+UCAL.INFO?\r\n获取用户校准信息。

主要查看用户校准数据是否正确以及用户校准数据是否已经被启用。



Eastwood Instruments

- 略胜一筹 -

更多信息:

www.eastwood.tech

©2023 Eastwood Instruments.

文档如有变更, 恕不另行通知.

本文档由 Channing Chang 编写和发布
未经书面许可, 禁止修改本文档.