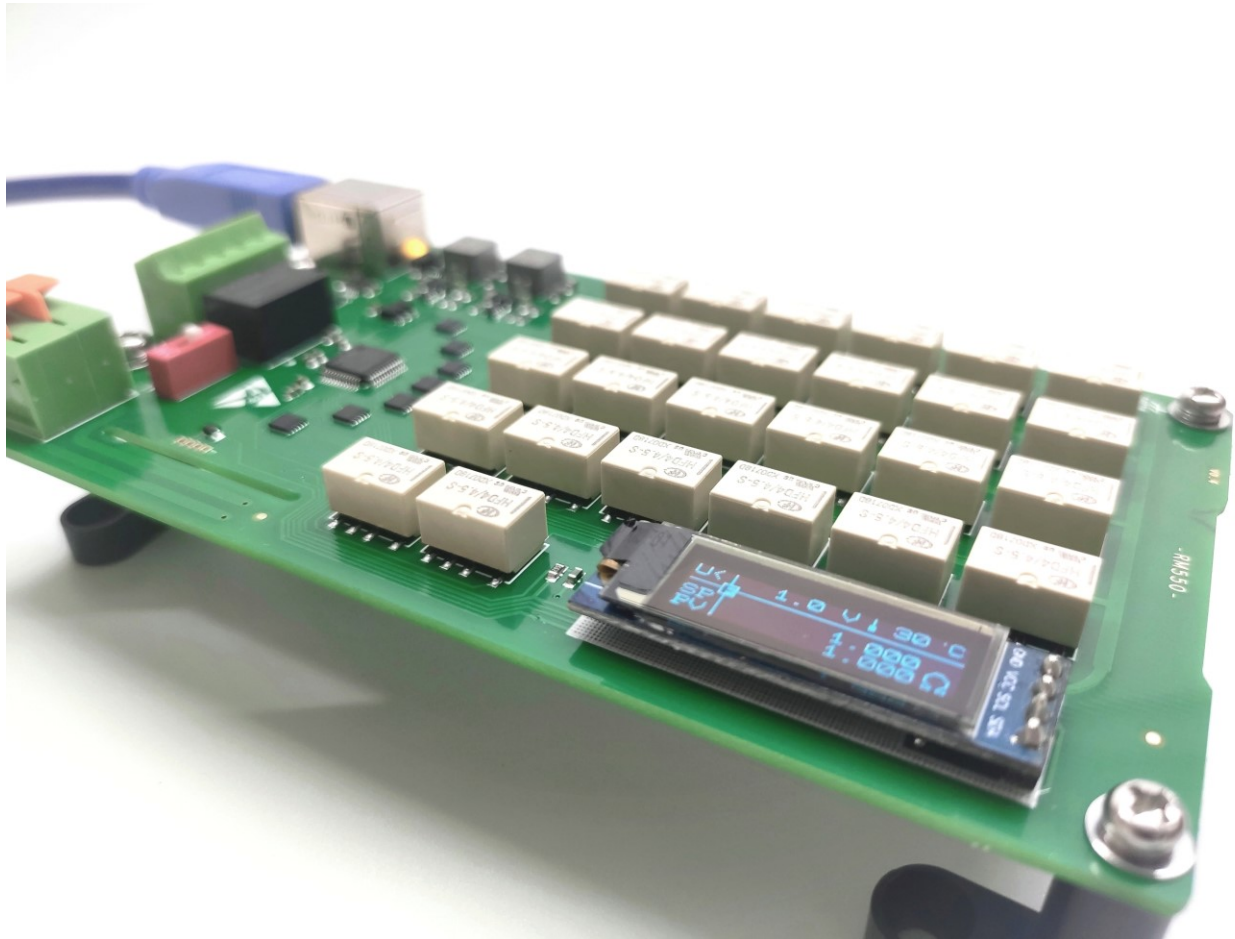
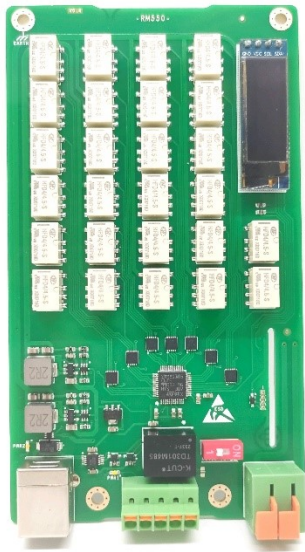


RM550 高性能经济型程控电阻模块

说明书





RM550 经济型高精度程控电阻模块标准版覆盖 0.7Ω-1.2MΩ 的输出量程（以及开路 and 短路输出）、拥有 0.125Ω 的步进以及最大 2.0W 的额定功率。RM550 在全输出范围内表现十分优秀（保守精度 $\pm 0.05\% \pm 1$ 个步进 @ $T_{cal} \pm 10^\circ\text{C}$ ），适用于对精度和步进有较高需求的应用。

RM550 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，增加了隔离型 RS485 端口（新增扩展指令支持组网），方便用户将本产品以 PCBA 模块的形式集成到自己的项目中。

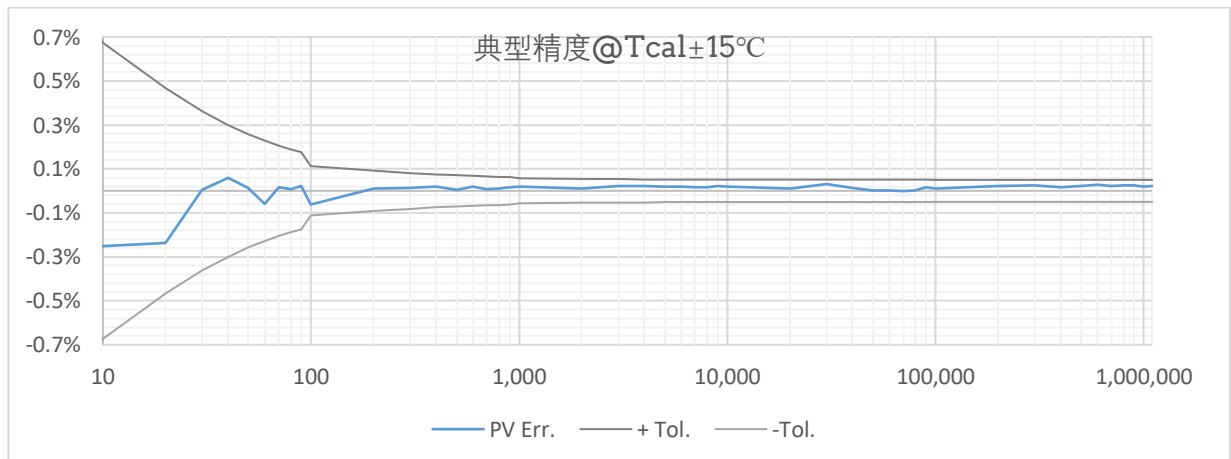
此外，集成 OLED 显示模块实时显示设定值、输出值、环境温度等其他信息，方便使用。

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
- 高性能经济型
- 更快的输出响应：
继电器组整体切换时间 < 7ms
- 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
- 多样的通讯接口：
即插即用的 USB-COM（适合人机交互），隔离型 RS485（适合远程模块组网）
- 大量程：
标准版 0.7Ω - 1.2MΩ（步进 0.125Ω）
- 高精度（@ $T_{cal} \pm 10^\circ\text{C}$ ）：
0.7Ω - 1.2MΩ： $\pm (0.05\% + 0.125\Omega)$
- 标准版 1-2W 的额定功率
可定制 2-4W 额定功率产品
- 输出阈值安全限制（用户可自定义）
- 标配 OLED 显示
- 小尺寸，与 RM55T 兼容：
7.5（长）× 14.2（宽）× 1.7（厚）cm

适用于

- 工业自动化测试
- 传感器模拟
- 传感器校准
- 其他代替传统电阻箱的应用
-



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"/>
		0	: $\pm(0.05\%+0.125\Omega)^1 @ T_{cal}\pm 10^\circ\text{C}$	1M2-R1 : $0.7\Omega \sim 1.2\text{M}\Omega^2$, 约 0.125Ω 步进 M3-R04 : $0.7\Omega \sim 320\text{K}\Omega$, 约 0.04Ω 步进
	RM550	-OPTION-		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				CABL : 高品质 USB Type-B 线

- 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 1% 以内，最小输出值大约在 1.0Ω 左右。

规格书

主要参数	RM550-1M2-R0			备注	
输出					
初始精度	条件	误差 1 @ $T_{cal}\pm 10^\circ\text{C}$	误差 2 @ 全工作温度范围	精度定义条件: 1. 在继电器开关 100k 次以内, 输出电阻低负载功率 ($<0.1\text{W}$) 条件下。 2. 精度同时适用于设定值 (量程范围内) 和返回值 (小阻值以返回值计算精度更高)。	
	范围	$0.7\Omega \sim 1.2\text{M}\Omega$	$\pm(0.05\%+0.125\Omega)$		$\pm(0.1\%+0.125\Omega)$
全寿命精度 (估算)	全输出范围	初始精度 $\pm 0.5\Omega$	初始精度 $\pm 0.5\Omega$	不考虑基电阻老化因素	
步进 (步长)	约 $0.125\Omega/0.04\Omega$, 详见订货码				
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	标准版 $1.0\sim 2.0\text{W}$ (最高 100Vdc), 因输出阻值而异; 可定制 $2\sim 4\text{W}$ 版本。			详见通讯端口返回数据	
短路和断路输出	支持 (短路电阻典型值 $< 0.1\Omega$, 最大短路电路 2A)				
继电器类型	电磁继电器				
继电器可靠性	切换电压 $30\text{VDC}@1\text{A}$: 大于 5×10^5 次 切换电压 $100\text{VDC}@0.1\text{A}$: 大于 2×10^6 次				
继电器组切换时间	$< 7\text{ms}$				
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	1Hz (间隔 1s 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				

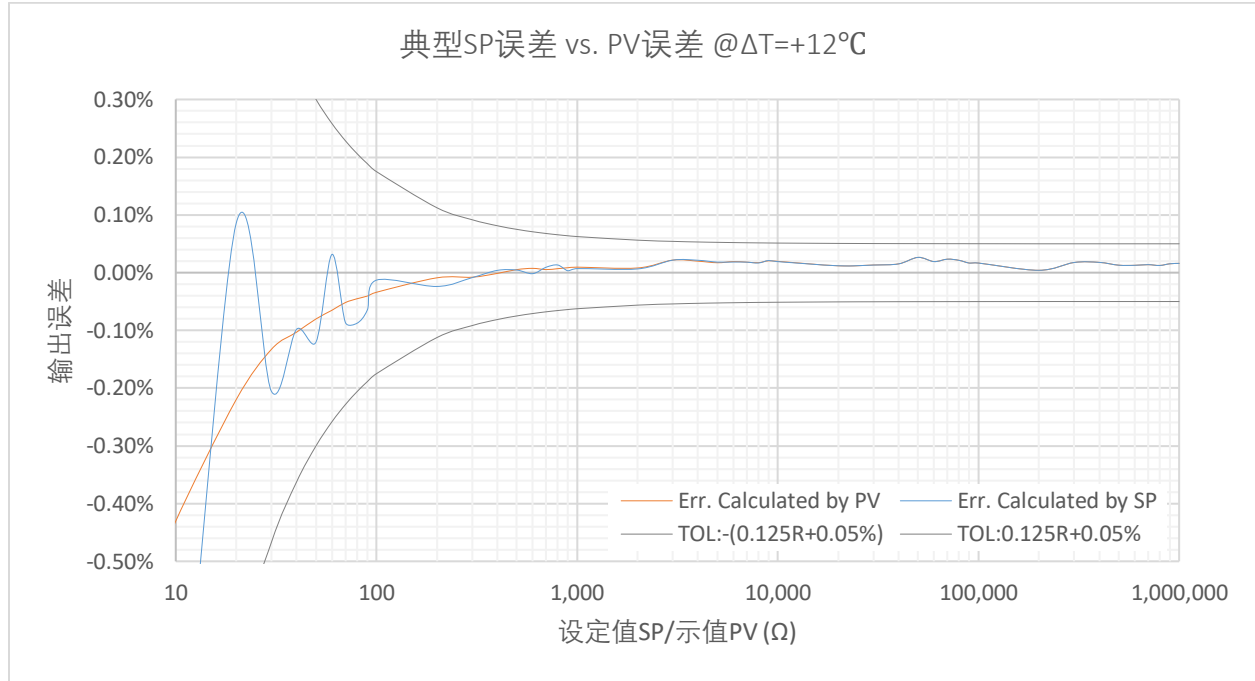
规格书 (续)

通讯接口		
供电电源	5V±0.25V, 0.5A min.	
极限供电电压	5.5V	
最大峰值电流	<500mA@5V 供电, 持续 7ms	
最大保持电流	约 350mA@5V 供电	输出最小值时测得
供电端口	USB type-B (次优先级供电) 或快接端子 (主优先级供电)	
通讯接口类型	USB 转串口、隔离型 RS485 或隔离型 RS232	
USB-COM 驱动芯片	WCH CH340	
RS485 最大节点数	64 节点(硬件版本 v0.4)、256 节点 (硬件版本 v1.1+)	
默认波特率及配置	115,200 bps, 数据位 8, 校验位 None, 停止位 1	
用户自定义波特率范围	9600~115200 bps (固件版本 v0.56+)	
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	支持。 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。	开机显示信息: S/N, 型号, 用户自定义 S/N (US/N), 默认波特率, FW 版本, 量程等
量程或额定功率定制	支持 (非标配)。 可定制最大额定功率 4W。 可定制最大输出范围 0.7Ω-20MΩ (>1.2MΩ精度约 0.5%-1%)。	
一般规格		
使用环境温度	0 °C to 50 °C	
相对湿度	至 90 % 非凝露	
存储温度	-20 °C 至 75 °C	
尺寸	7.5 (长) × 13.2 (宽) × 1.7 (厚) cm	
重量	75 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	
质保	1 年	

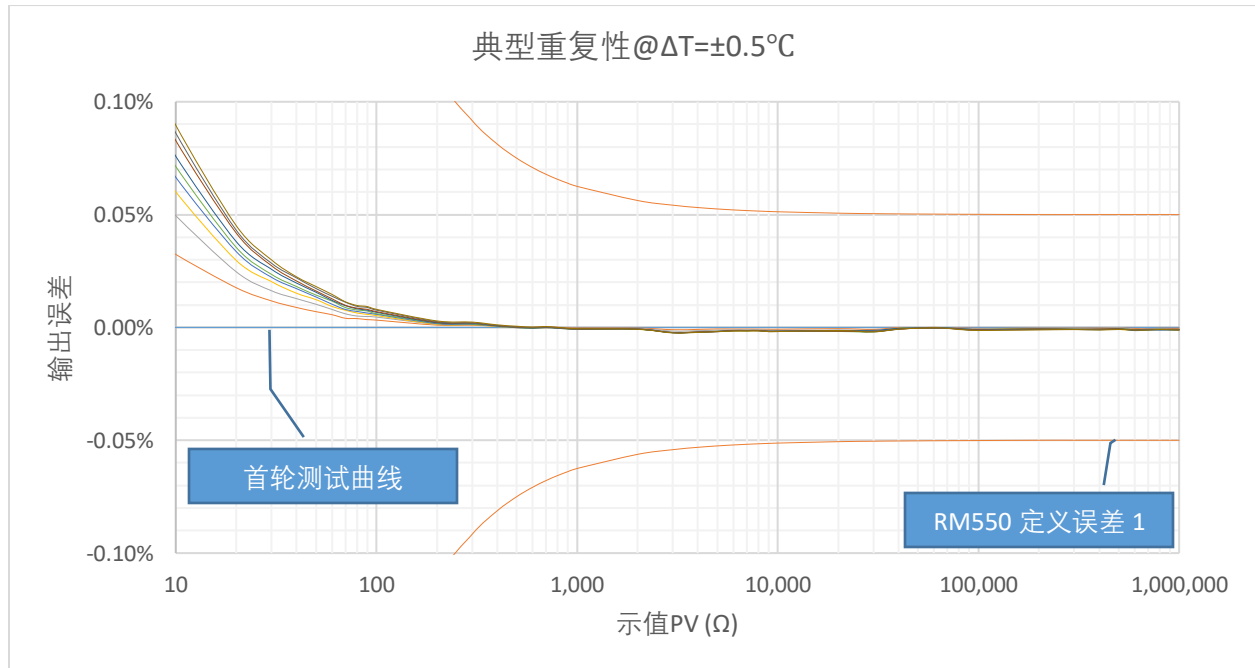
典型特性

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 $1\text{M}\Omega$ 量程优于 $\pm 0.01\%$ ，推算绝对精度时应考虑该参考表的不确定度。

定义: $\Delta T =$ 测试时的环境温度 - 校准时环境温度

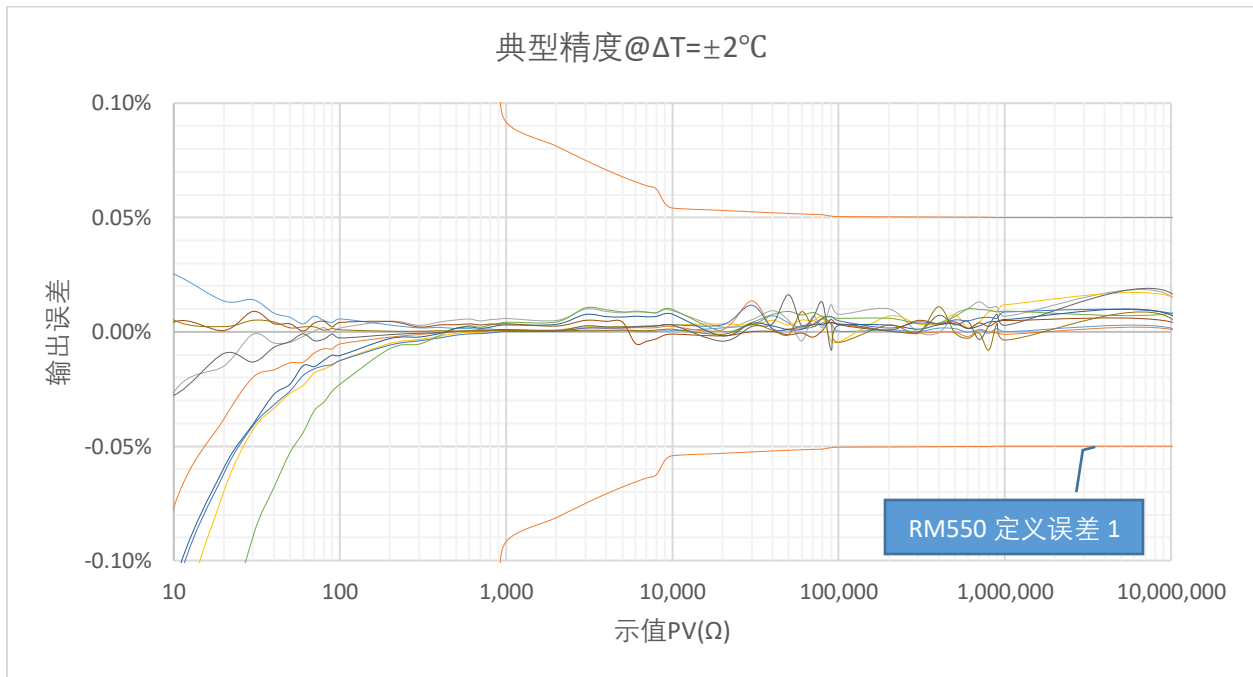


上图：基于 SP (Setpoint, 设定值) 和基于 PV (Process Value, 返回值/示值) 与参考表测量值分别计算输出误差。输出低于 $1\text{k}\Omega$ ，整体而言 PV 更接近实际输出电阻的阻值； $1\text{k}\Omega$ 以上可忽略二者差异。

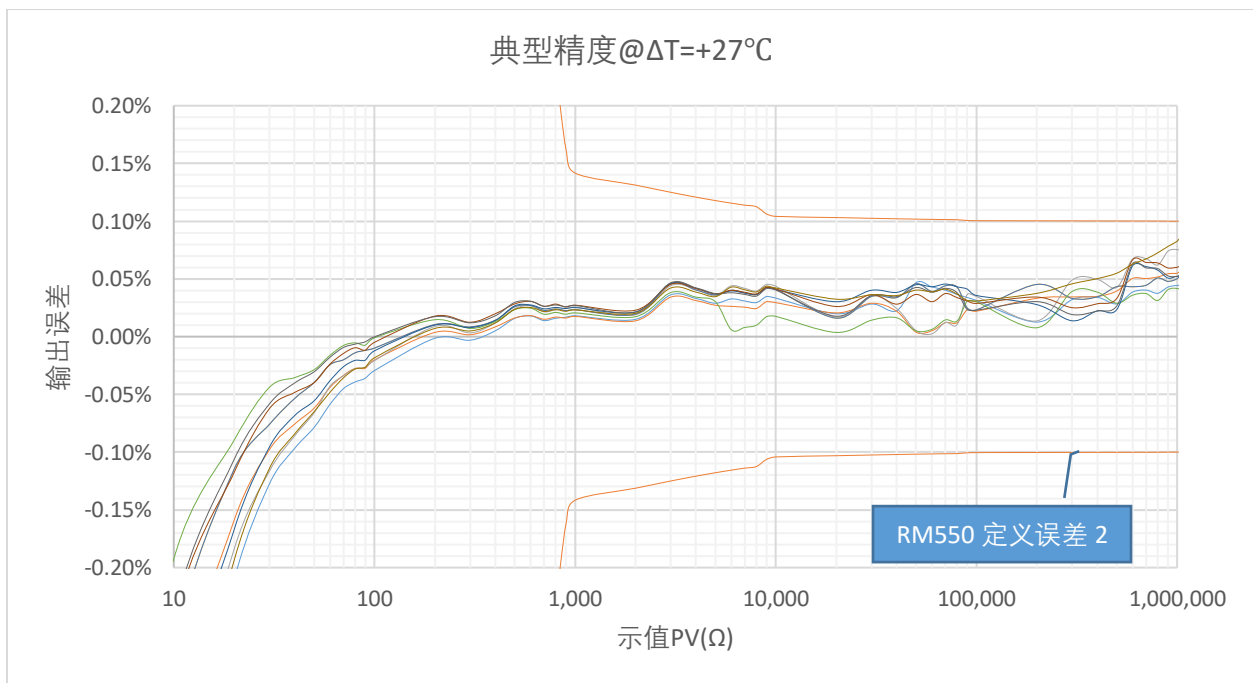


上图：重复性是基于同一样品在恒温箱（温度波动范围 $T_{\text{cal}} \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）连续测试 10 轮的结果。为更直观展示重复性，上图做了归一化处理，各误差曲线均为与首轮测试结果对比的相对误差。

典型特性(续)

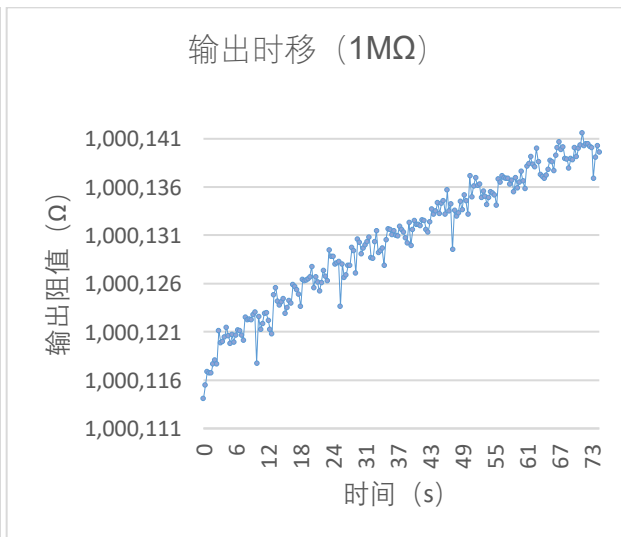
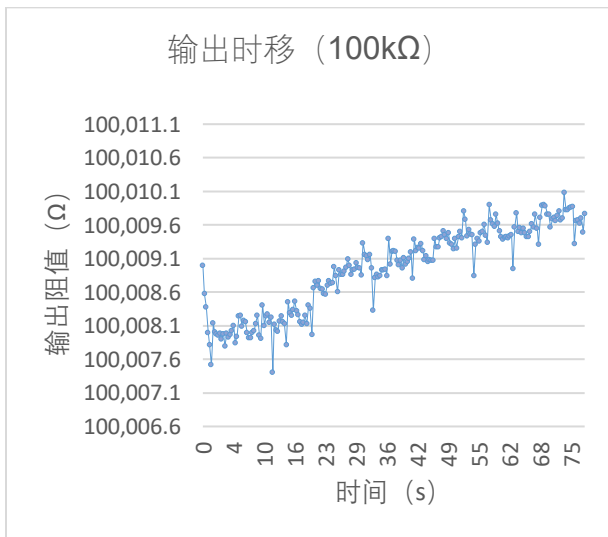
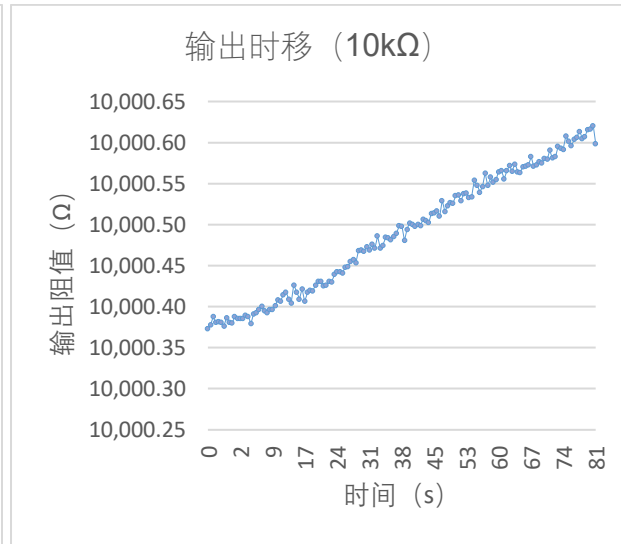
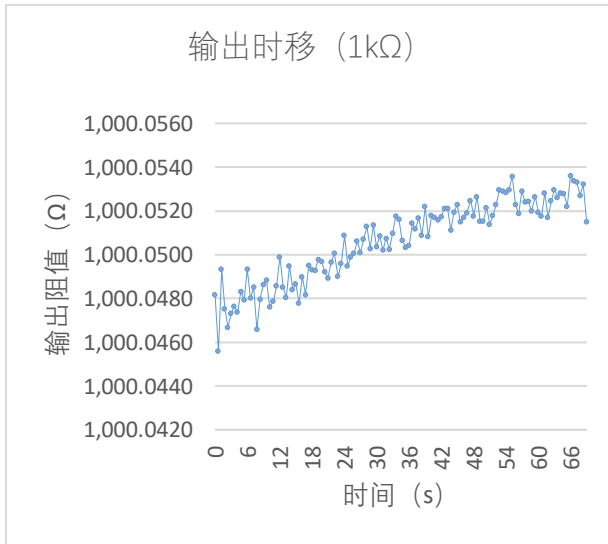
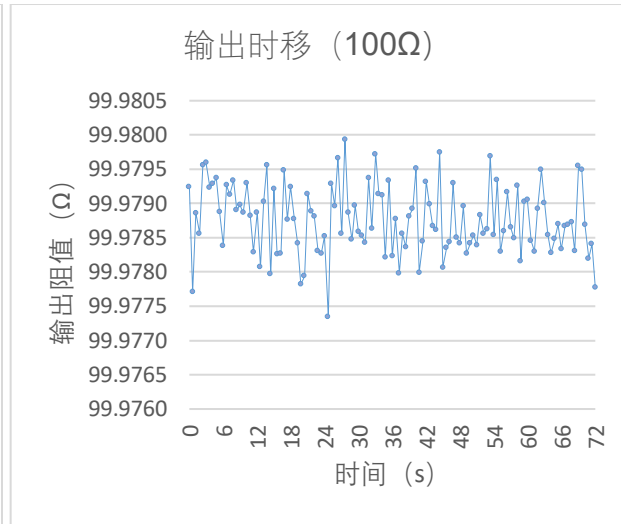
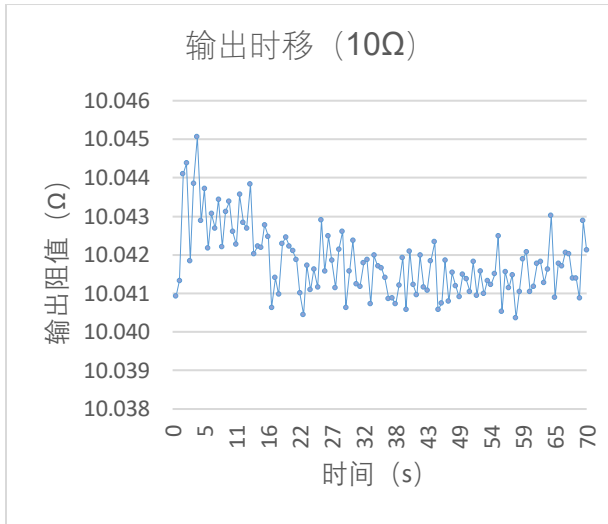


上图：精度是基于 10 个样品在恒温箱内（温度变化区间： $T_{\text{cal}}-2^\circ\text{C} \sim T_{\text{cal}}+2^\circ\text{C}$ ）测试的结果汇总



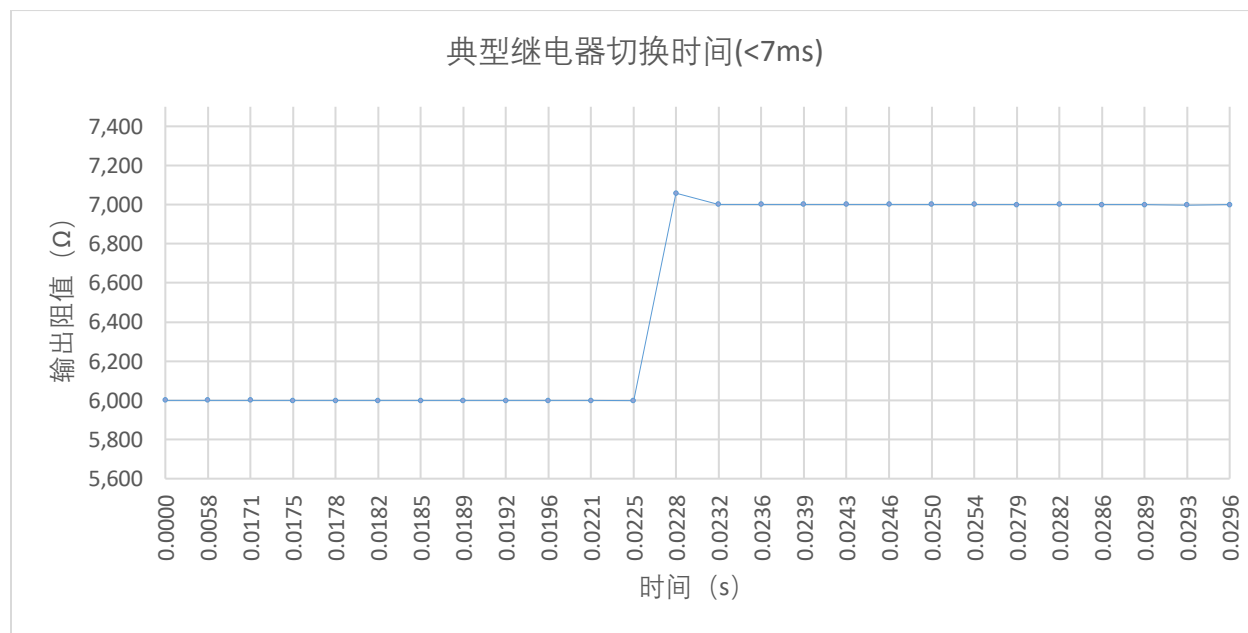
上图：精度是基于 10 个样品在 $T_{\text{cal}}+27^\circ\text{C}$ (50°C) 条件下测试的结果汇总

典型特性(续)

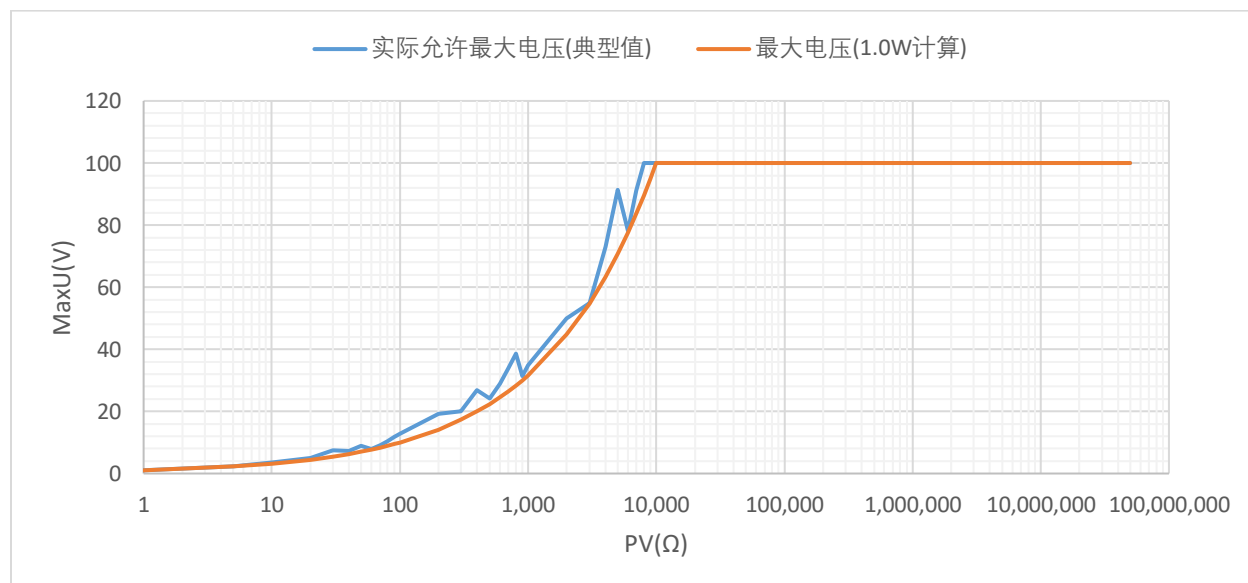


典型特性(续)

以上各图：由于受继电器线圈温升、继电器触点 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。在高精度或长时间保持固定值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。

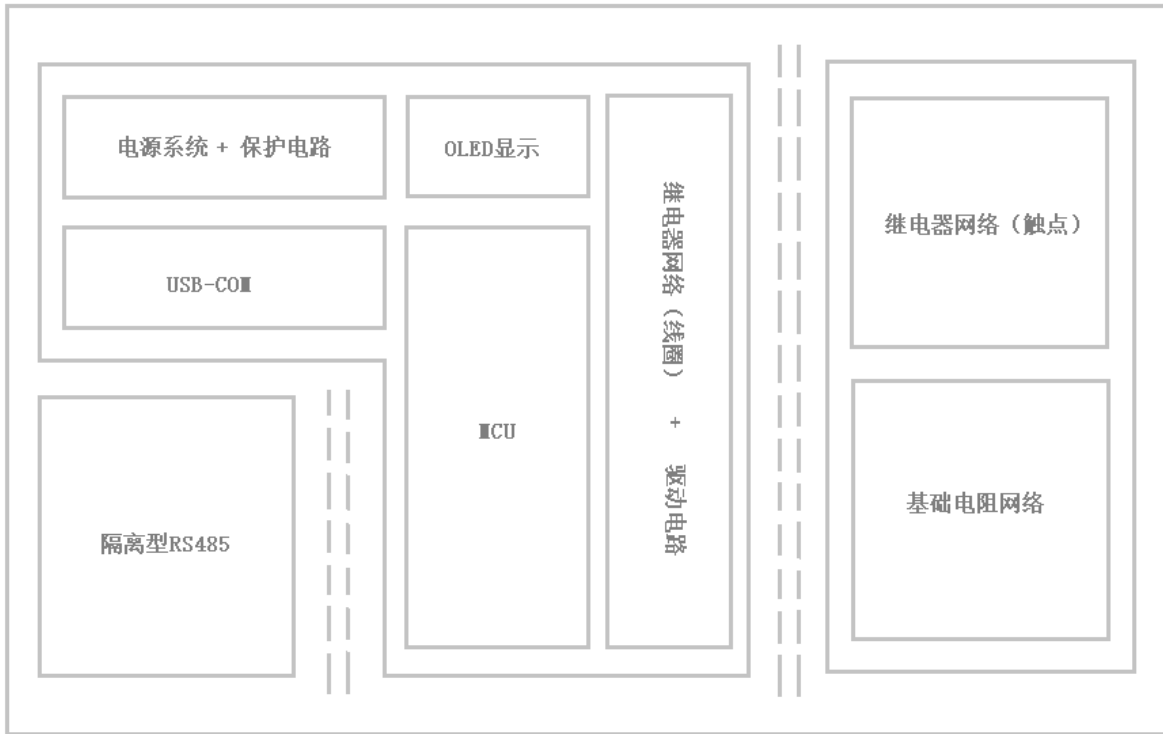


上图：继电器组切换时间抽取 6kΩ 切换至 7kΩ 这一上升沿进行量测，代表典型的切换过程。



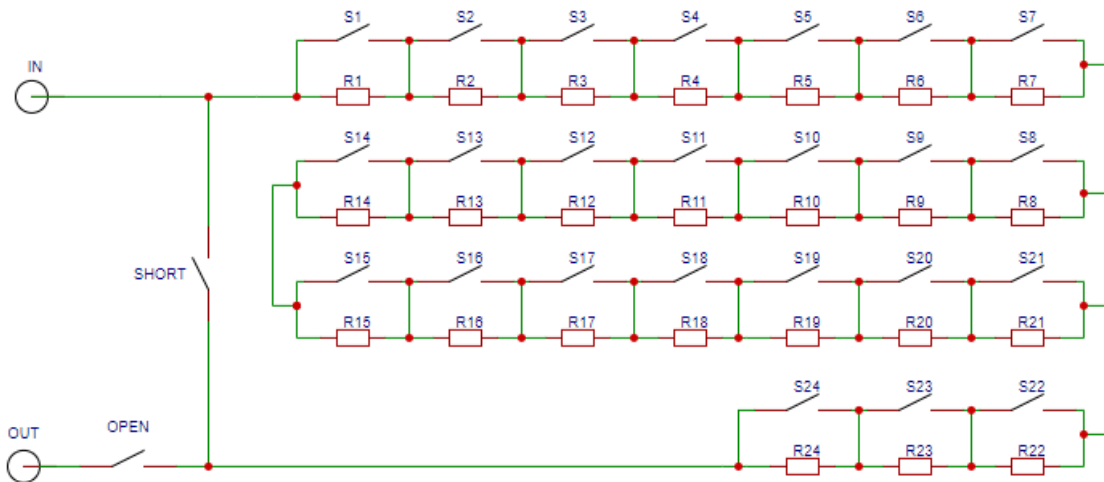
上图：RM550 标准版基础电阻的额定功率是 1.0W，而实际上对于绝大多数的输出值 (PV)，其额定功率通常在 1W 至 2W 之间。用户可根据串口实际返回的 MaxU 来使用；简化起见，也可一律按照 1W 根据公式 $MaxU = \sqrt{PV \cdot 1}$ 计算出的额定电压来处理。需要注意的是，输出电阻两端最大施加电压不能超过 100V。

模块系统框图



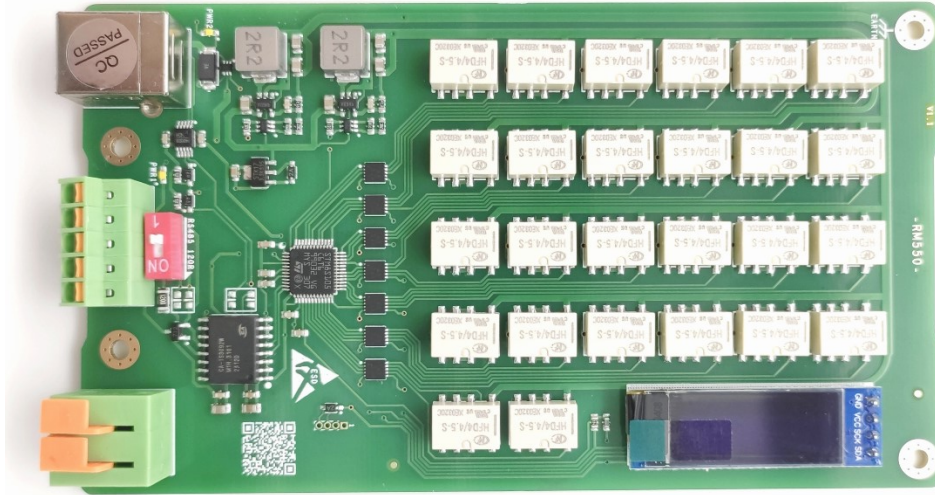
上图：RM55 模块系统框图

工作原理

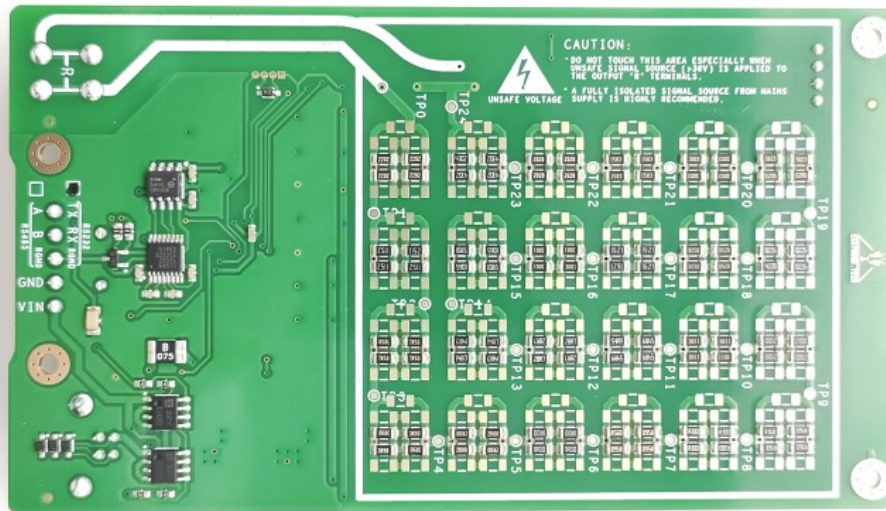


上图：继电器-基础电阻阵列以及输出短路、断路原理图（注：未通电状态下以及刚上电后，图中所有开关均为开启状态）

端口信号分配



上图：模块 TOP 视图 (HW v1.1)



上图：模块 BOT 视图 (HW v1.1, 上图为 RS232 接口)

其中信号电源接线端子 (中, 5PIN) 的引脚信号分配为 (以方框记号标记区分 RS485/RS232) :

信号定义	功能
A/Tx	RS485 差分信号 A / RS232 TXD
B/Rx	RS485 差分信号 B / RS232 RXD
RGND	RS485 保留地 (可选接) / RS232 GND
GND	模块供电 (负)
VIN	模块供电 (正), 最大 5.5V

BOT 面标记“-R-”的端子为电阻输出快接端子。

USB 端口可直接连接电脑, 上位机软件通过映射的 COM 口发送指令控制。

www.eastwood.tech

文档版本 0.4 | 2024.7

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，其中一个 M3 安装孔（有 EARTH 标志）建议与大地连接。

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），本产品在继电器切换时需要峰值电流不超过 500mA（最长持续 7ms），可放心使用标准 USB 端口为本模块供电。

此外，通过中间的接线端子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

上电后，需要等待 OLED 进入主界面才可正常发送控制指令。

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干路 OPEN 继电器。闭合该继电器后，电阻默认输出最大值（与 RM55T 不同，不再自动装载保存的设定值）。

对用户来说，不能在同一时刻使用 USB-COM 接口和 RS485 发送指令，否则会造成模块接收信息混乱。

RM550 在使用过程中继电器线圈会发热，最坏情况下引起周围环境约 6°C 的温升，不过温升所引起的阻值变化已包含规格书给定的精度指标中。

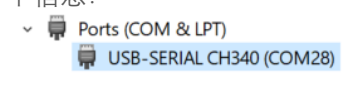
组网

使用 USB 集线器（USB HUB）可以通过电脑同时控制多个模块（不同模块映射在电脑上是不同的 COM 口）。

如需通过串口进行更远距离的通讯，隔离型 RS485 为多模块组网提供了可能和便利（HW v1.1 版本以上最大支持 256 个节点挂在同一条 RS485 总线上）。本模块扩展了 AT 指令集，允许主机与总线上的任一模块单独通讯。

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。
RS485 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 或字符'/' 或字符'\''	注意：每条指令末尾需加入指令结束符。

AT 指令集扩展

RM550 支持自定义的“AT+XXX@<S/N>”型指令。如果<S/N>与模块本身的序列号相符，则执行指令并应答；否则忽略该指令。该类指令适用于组网应用。

RM550 同时也兼容不含“@<S/N>”的指令，并对这些指令“总是执行并应答”。该类指令简化了长度，适用于模块单独控制（组网时所有模块均执行，但是主机收到的返回数据会乱码）。详见下文使用示例。

固件 v0.57 以上允许用户自定义 S/N (User S/N, 即 US/N) 来取代默认的 S/N 进行组网控制，详见下文指令列表。

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

AT 指令集列表 (续)

5	查询 SP	AT+RES.SP?	Ω	TX: AT+RES.SP?/ RX: +RES.SP=100.000
6	设置 SP	AT+RES.SP=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP=100/ RX: +OK. +SP(R)=100.000 +PV(R)=100.200 +UMax(V)=12.9 +RLimit(R)=0.0 +TAmb(C)=27.84
7	设置 SP (递增)	AT+RES.SP+=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP+=100/ RX: +OK. +SP(R)=200.000 +PV(R)=200.200 +UMax(V)=19.2 +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)=200.000 +PV(R)=500.200 +UMax(V)=24.1 +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	获取环境温度	AT+RES.T_AMBIENT?		
12	获取输出电阻详细信息	AT+RES.INFO?		TX: AT+RES.INFO?/ RX: +RES.INFO: .SP(R)=200.000 .PV(R)=500.200 .UMax(V)=24.1 .RLimit(R)=500.0 .TAmb(C)=28.5 .TCal(C)=20.4
① 模块信息查询				
13	查询继电器使用次数	AT+DEV.RL_CNT?		TX: AT+DEV.RL_CNT?/ RX: +DEV.RL_CNT=100
14	查询错误代码	AT+DEV.ERRCODE?		TX: AT+DEV.ERRCODE?/ RX: +DEV.ERRCODE=<null>

AT 指令集列表 (续)

15	查询模块综合信息	AT+DEV.INFO?		<p>TX: AT+DEV.INFO?/ RX: +DEV.INFO: .SN=00000003 .USN(EN=0)=00000001 .TYPE=RM550-1M2-R1 .PRDSTEP=CHEK .FW=0.8 .HW=0.4H .TCR(ppm)=25 .PWR(W)=1.0 .MAXU(V)=100.0 .PROD=20231101 .RL_CNT=167 .ERRCODE=<null></p>
②用户自定义配置 (FW v0.57+新增)				
16	设置通讯波特率	AT+DEV.BAUDRATE= <string>		<p>TX: AT+DEV.BAUDRATE=9600/ RX: +ok 设置后立即生效。</p> <p>注意波特率范围为：9600~115200 之间（9600, 14400, 19200, 38400, 43000, 57600, 76800 和 115200 其中的一种）。另外开机时可以从 OLED 显示屏上读取当前设备波特率。</p>
18	设置用户自定义 S/N (US/N)	AT+DEV.USN= <string>		<p>TX: AT+DEV.USN=00000001/ RX: +ok 注意字符串长度必须为 8 位，不可缺省。</p>
19	允许使用 US/N 组网通讯	AT+DEV.USN.EN= 1		该指令使 US/N 取代 S/N 作为组网通讯的 ID
20	恢复使用默认 S/N 组网通讯	AT+DEV.USN.EN= 0		该指令使 S/N 恢复作为组网通讯的 ID

使用示例

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: 发送 AT+RES.SP=123.4\r\n 将输出设置为 123.4Ω

示例 2（模拟开路 and 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

示例 3（使用 S/N 作为 ID 进行 RS485 组网）

步骤 1: 将主机、从机#0000001 和从机#0000002 通过 RS485 总线组网连接好（差分线 A 互联，差分线 B 互联，根据需要通过板载拨码开关使能从机差分信号 AB 之间 120Ω 匹配电阻）
步骤 2: 主机发送 AT+RES.CONNECT\r\n 闭合所有从机的干路 OPEN 继电器，所有从机应答（不过由于从机应答时序不可能完全一致，主机收到的数据大概率会乱码）
步骤 3: 主机发送 AT+RES.SP=123@00000001\r\n 将从机#0000001 输出设置为 123Ω，只有从机#0000001 应答
步骤 4: 主机发送 AT+RES.SP=456@00000002\r\n 将从机#0000002 输出设置为 456Ω，只有从机#0000002 应答
步骤 5: 主机发送 AT+RES.SP=789@002\r\n，因序列号错误（不可缺省"0"），无从机应答

示例 4（使用 US/N 作为 ID 进行 RS485 组网）

步骤 1: 单独连接从机 1，发送 AT+DEV.USN=12345678 将其 US/N 设置为 12345678；发送 AT+DEV.USN.EN=1 使 US/N 取代该从机出厂时默认的 S/N。
步骤 2: 单独连接从机 2，发送 AT+DEV.USN=87654321 将其 US/N 设置为 87654321；发送 AT+DEV.USN.EN=1 使 US/N 取代该从机出厂时默认的 S/N。
步骤 3: 参考示例 3，使用新的 US/N（12345678 和 87654321）进行组网通讯单独控制。

示例 5（Python 控制示例）

```
import serial

ser = serial.Serial('COM6',115200,timeout=1,parity=serial.PARITY_NONE)

#定义要打开的串口号、波特率、停止位、校验位，需要在设备管理器中查看弹出的串口号，
#必须保持一致

ser.write(b'AT+USER.SP=10\r\n')

#写入 AT 指令（说明书里有规范的格式），这里是将电阻值设为 10

response=ser.readall().decode()

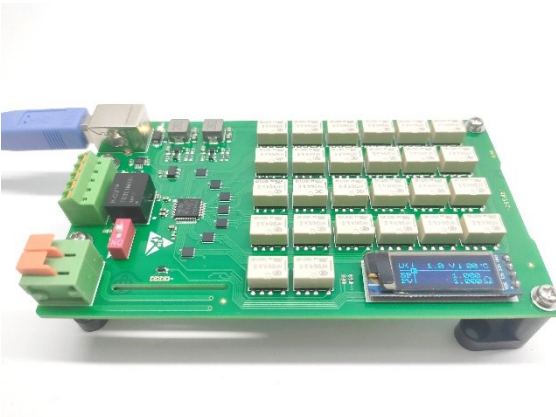
print(response)

ser.close() #关闭串口
```

外形尺寸及 M3 安装孔位置



(与 RM55T 完全一致)



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，禁止修改本文件。