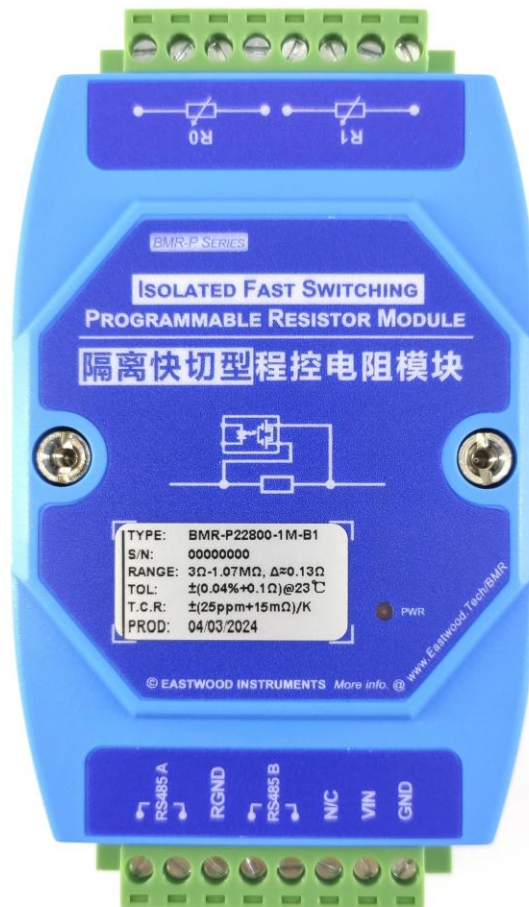


BMR-P 系列 隔离快切型程控电阻模块

说明书





BMR-P 系列程控电阻模块使用光耦继电器作为电阻网络的切换开关，驱动电路与输出电阻隔离，具有典型 1ms 的切换速度。半导体开关使用寿命相对较长，而且在切换过程中无震荡产生，适合切换动作较频繁、对切换速度要求较高的应用。

BMR-P 系列覆盖 3Ω-1MΩ 的输出量程，具有约 0.1Ω 的步进分辨率以及最大 0.5W 的额定功率（最大电压 60V）。精度方面，该系列克服光耦导通电阻较大的缺点，B 级在全输出范围初始精度可以轻松达到 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}$ 。

BMR-P 系列标准版支持 2 通道输出，通道间可“同步输出”相同或相异的电阻值，因此可以非常方便的组成一路增益和输出阻抗均可自由配置的高性能数字电位计。

BMR-P 系列支持 6~24V 宽电压供电，同时可选丰富的通讯接口（隔离型的 RS485、RS232 以及 CAN），其中 RS485 支持最大 256 节点组网。

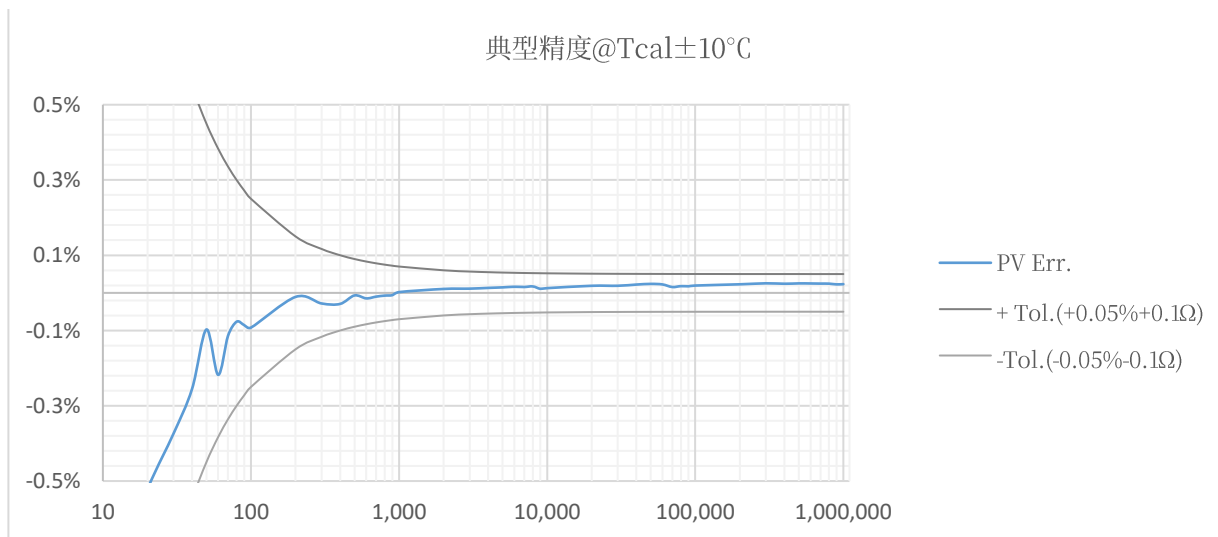
此外，模块外壳贴合工业应用场景设计，支持标准 DIN 导轨安装。

特征概览

- 由“光耦继电器-电阻网络”产生的真实电阻，输出无极性
- 单模块双通道输出，支持模块间组网
- 更快的输出响应：
输出典型切换时间 1ms
- 顺滑的继电器组切换，无震荡
- 大量程：
标准版 3Ω -1MΩ（步进约 0.1Ω）
- 中高精度（@ $T_{cal}\pm 1^{\circ}C$ ）：
3Ω-1MΩ： $\pm(0.04\%+0.1\Omega)$
- 输出阈值安全限制（用户可自定义）
- 可选丰富的通讯接口，支持用户自定义波特率：
隔离型 RS232（适合近程抗干扰）
隔离型 RS485（适合远程模块组网）
隔离型 CAN（适合汽车工业组网）
- 35mm DIN 导轨安装
- 小体积：
12.2（长）× 7.2（宽）× 3.5（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
- 高性能程控电位计（双通道组合）
-



订货码 (持续更新中)

订货码*	规格指标 ^{1,2}
BMR-P22800-1M-B□	标准版, B 级, 双通道, 3Ω-1MΩ 量程, 约 0.1Ω 步进, 初始精度 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$, 温漂 $\pm(25\text{ppm}+15\text{m}\Omega)$, 0.25W-0.5W 额定功率 (最大电压 60V)
BMR-P22200-M1-B□	标准版, B 级, 双通道, 3Ω-120kΩ 量程, 约 0.1Ω 步进, 初始精度 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$, 温漂 $\pm(25\text{ppm}+15\text{m}\Omega)$, 0.25W-0.5W 额定功率 (最大电压 60V)
BMR-P21900-M1-B□	标准版, B 级, 双通道, 3Ω-120kΩ 量程, 约 1Ω 步进,, 初始精度 $\pm(0.04\%+1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$, 温漂 $\pm(25\text{ppm}+15\text{m}\Omega)$, 0.25W-0.5W 额定功率 (最大电压 60V)
*订货码中, □=0: RS-232 接口; □=1: RS-485 接口; □=2: CAN 总线接口	

- 1 具体精度、温漂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。输出量程的最小值一般为 3Ω 左右, 最大不超过 10Ω。

术语及定义

T_{cal}	模块校准时模块内部温度, 以内置温度传感器读数为准, 一般在 23~25°C 之间
校准环境	环境温度波动范围 $T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$, 环境相对湿度 75%R.H, 供电电压 12VDC, 电源纹波 V_{pp} 约 15mV, 四线法测量原装接线端子引出的短线两端的电阻 (短线电阻 < 5mΩ)
精度 (R.D)	示值精度, 为返回值 (示值) 与实测值对比的误差+参考表自身的不确定度。每一点采样 10s 取平均值。
初始精度	指不考虑光耦和基电阻的长期老化因素、输出电阻低负载功率 (< 0.05 W) 条件下测得、出厂时的示值精度
SP	SetPoint, 用户设定值
PV	Process Value, 模块输出过程值, 通讯返回值或示值。在输出范围内, 通常与对应 SP 有 1 个步进内的误差
ΔT	模块内部温度与 T_{cal} 的差值, 由模块内置温度传感器读取。
R.H	相对湿度
R_i	R0 代表通道 0 的输出电阻, R1 代表通道 1 的输出电阻...依次类推

规格书

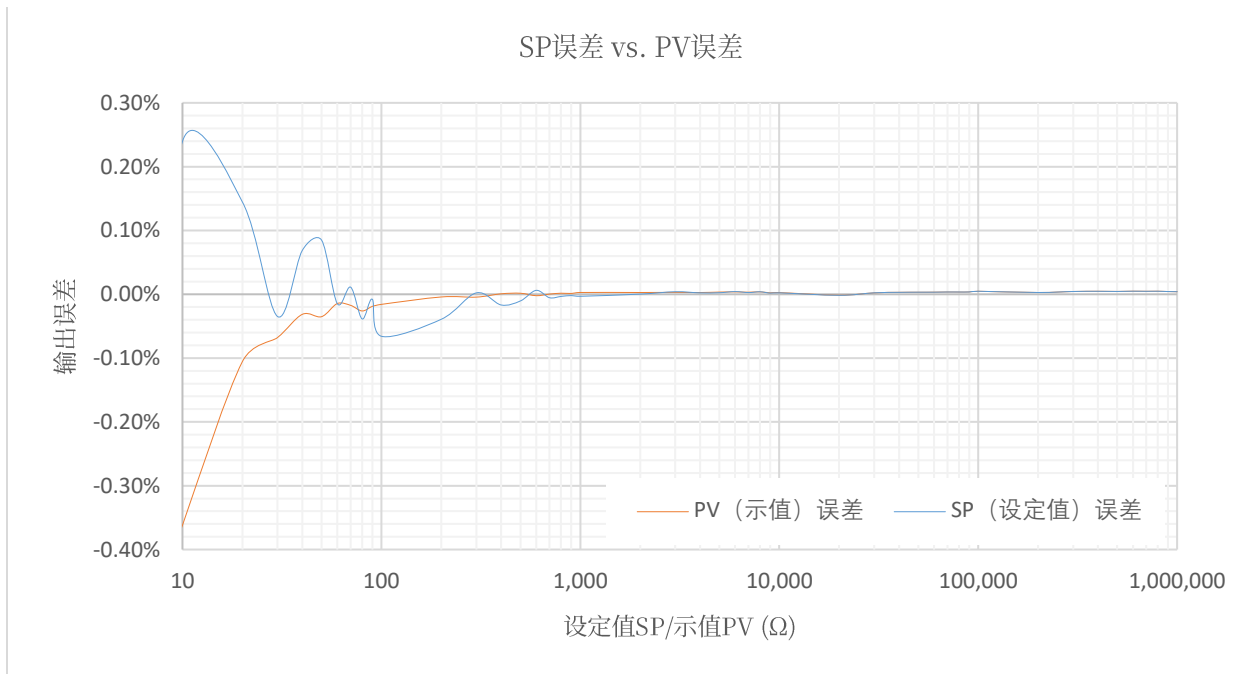
主要参数	规格		备注
输出电阻			
等级		B 级 @ $T_{cat} \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$	*@校准环境
初始精度*		$\pm(0.04\% \text{ R.D} + 0.1\Omega)$	
温漂		$\pm(25\text{ppm} + 0.015\Omega)/\text{K}$	
系列最大量程	3 Ω -1M Ω (标准版), 可定制高量程 (10M)		
步进分辨率	约 0.1 Ω /1 Ω (标准版), 可定制更高分辨率 (0.01 Ω)		
SP 和 PV 差值	典型值 < 0.5 个步进		@输出量程内
最大电压	60V		
最大电流	0.8A		
额定功率	0.25~0.5 W (因输出阻值而异, 最高 60 VDC)		详见通讯端口返回数据
开路输出	标准版无 (可定制)		
开关类型	光耦继电器		
开关组切换时间	典型值 1 ms		
推荐最大操作频率	10Hz (间隔 0.1s 设置新值)		
光耦发热最大温升	约 4 $^\circ\text{C}$		双通道同时工作, 最坏情况下。早期版本可能有 10 $^\circ\text{C}$ 温升。
输出端子	螺丝拧紧式接线端子, 电阻以 2 线形式输出		
通讯接口			
供电	6V~24VDC, 1W 以上		推荐低纹波电源
供电端口	螺丝拧紧式接线端子		
通讯接口类型	隔离型 RS485、RS232 或 CAN (三选一)		
RS485/RS232 默认波特率及配置	115200 bps, 数据位 8, 校验位 None, 停止位 1		
RS485/RS232 用户自定义波特率范围	9600~115200 bps		
RS485 最大节点数	256 节点		
CAN 总线波特率	3k-1M bps (默认 1M)		
CAN 总线格式	标准帧格式		
通讯协议	私有 AT 指令集 (详见下文)		

规格书 (续)

附加功能		
内置温度传感器	支持, 典型准确度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$	
一般规格		
使用环境温度	-10°C to 55°C	
工作相对湿度	至 80 % R.H 非凝露	高湿度非凝露时仍可使用, 但不能保证精度
存储温度	-20°C 至 75°C	
尺寸	12.2 (长) \times 7.2 (宽) \times 3.5 (厚) cm	
安装导轨宽度	标准 DIN 35mm	
重量 (含外部接线端子)	117 g	
质保	1 年	

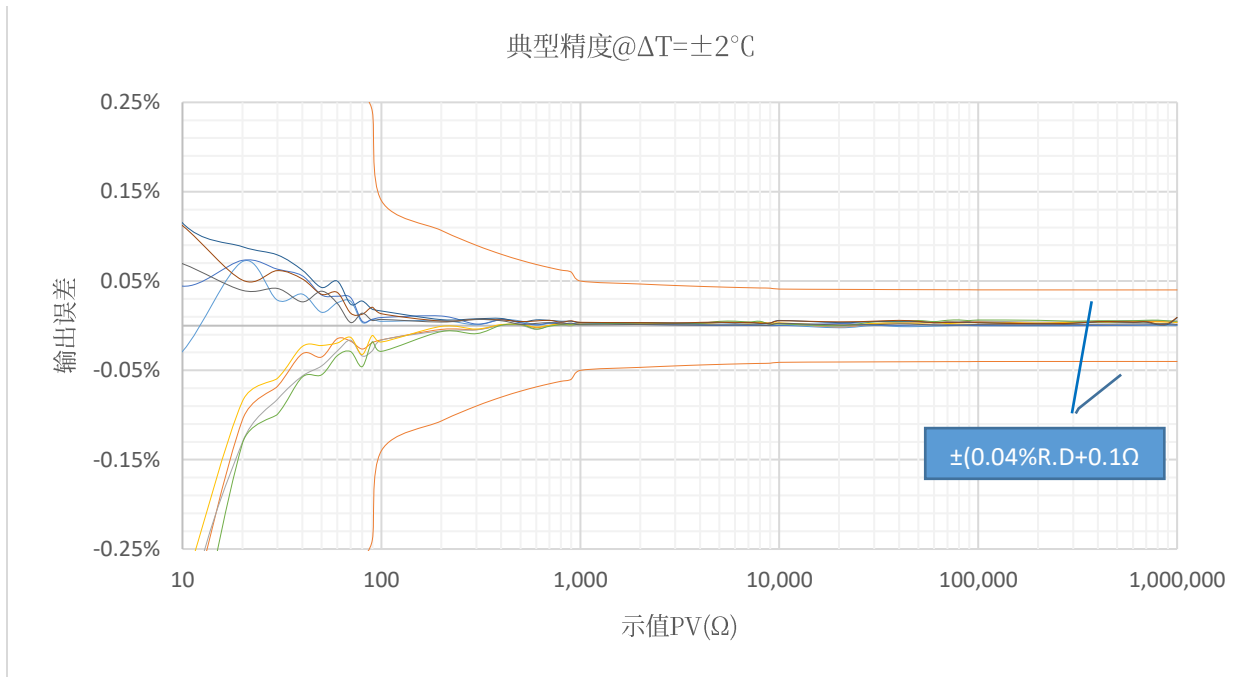
典型特性*

*除非另有说明, 所有测试基于样品在室温、75%RH 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 $1\text{M}\Omega$ 量程内优于 $\pm 0.01\%$, **推算绝对精度时应考虑该参考表的不确定度。**

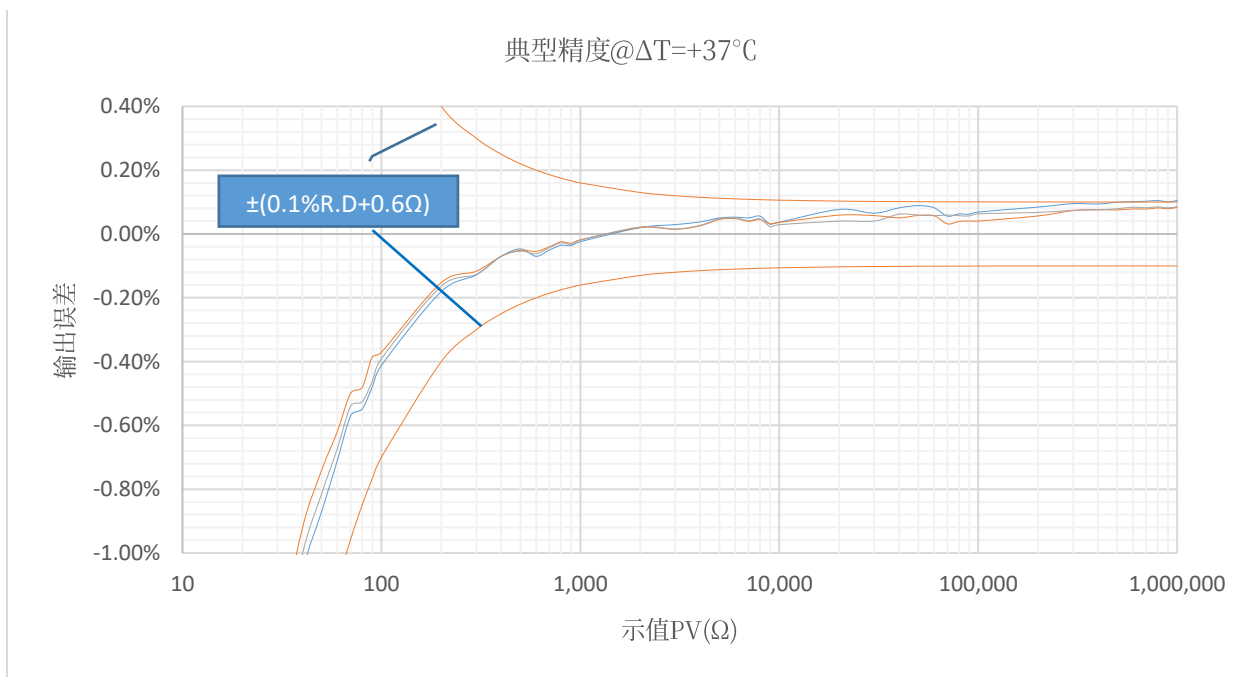


上图: 基于 SP (Setpoint, 设定值) 和基于 PV (Process Value, 返回值/示值) 与参考表测量值分别计算输出误差。输出低于 $1\text{k}\Omega$, 整体而言 PV 更客观描述实际输出阻值; $1\text{k}\Omega$ 以上可忽略二者差异。

典型特性(续)

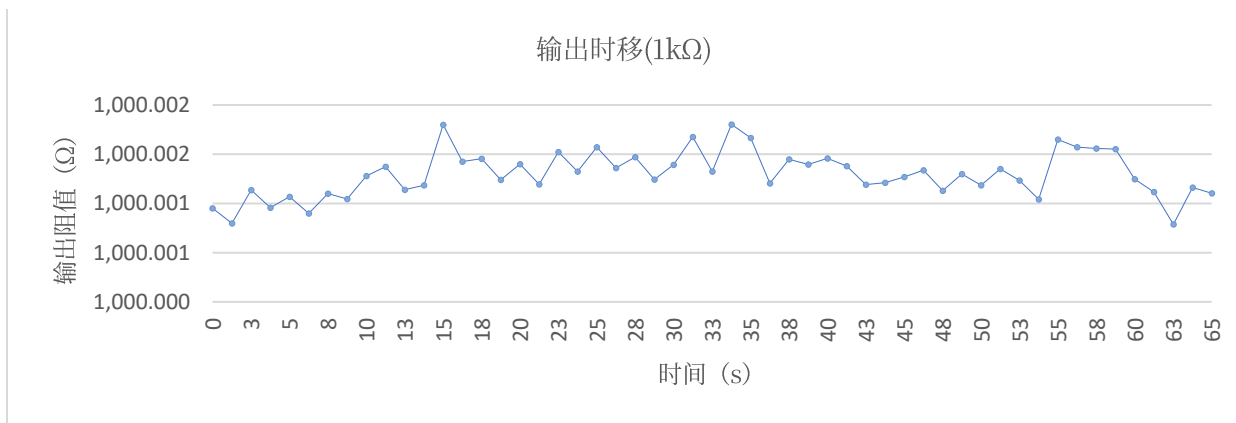
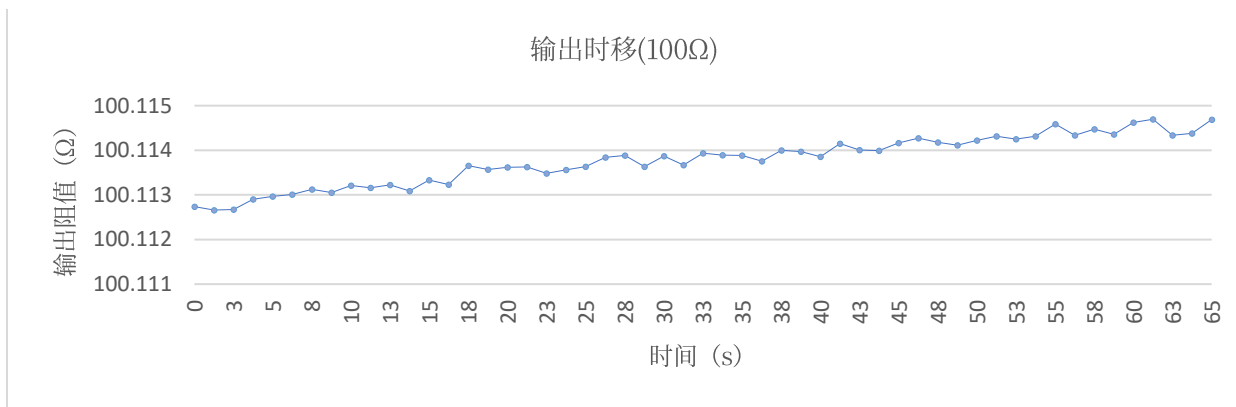
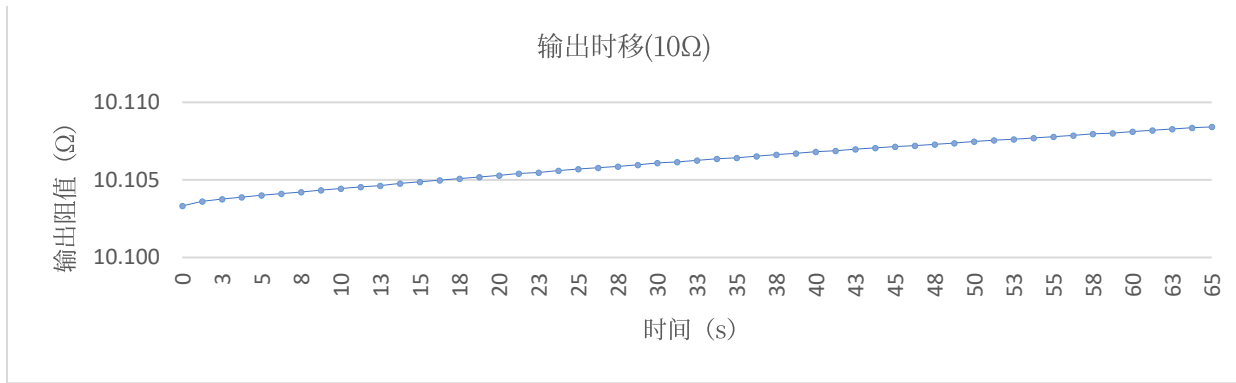


上图：精度是基于数个样品（通道）在恒温箱内（温度变化区间： $T_{\text{cal}}-2^\circ\text{C}\sim T_{\text{cal}}+2^\circ\text{C}$ ）测试的结果汇总

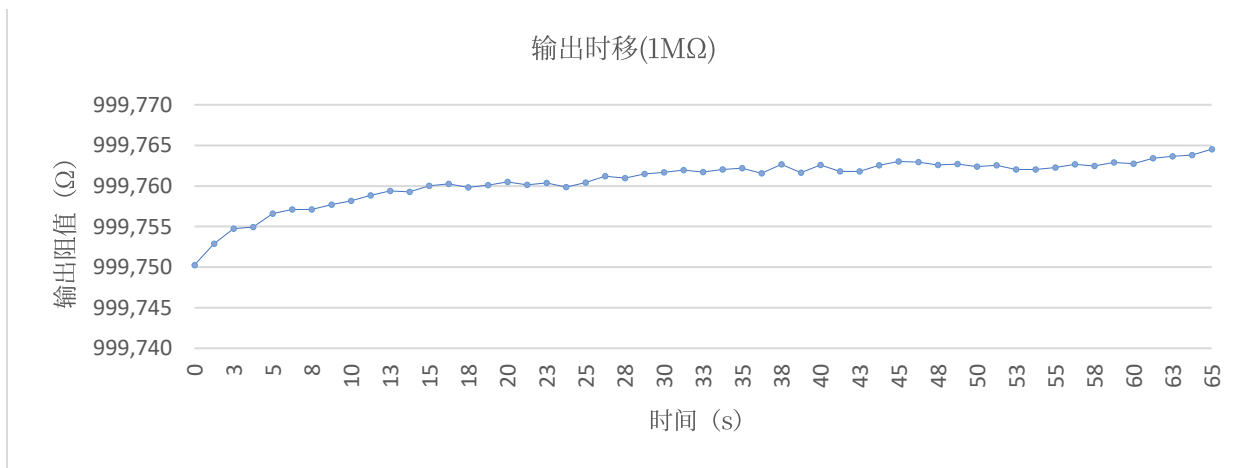
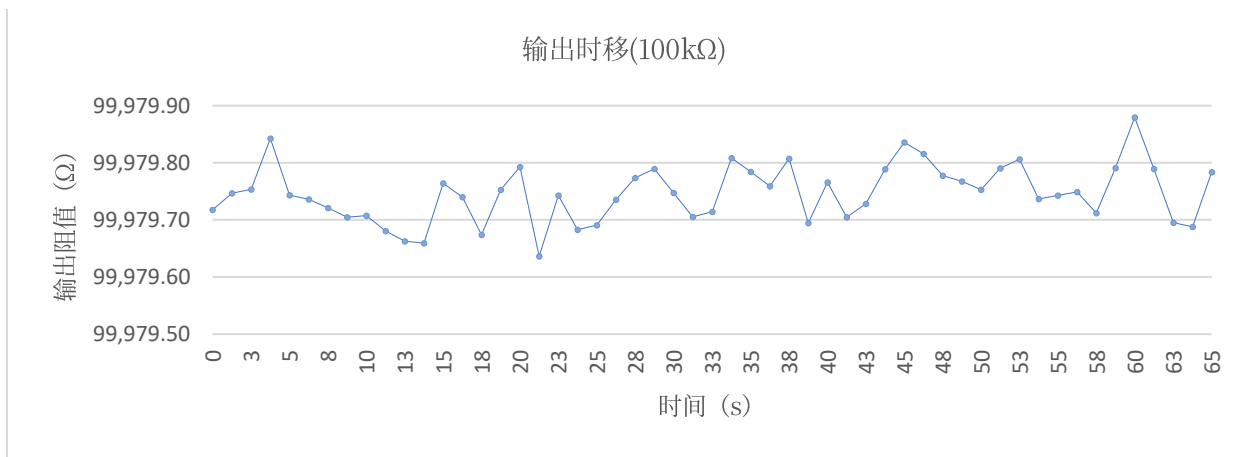
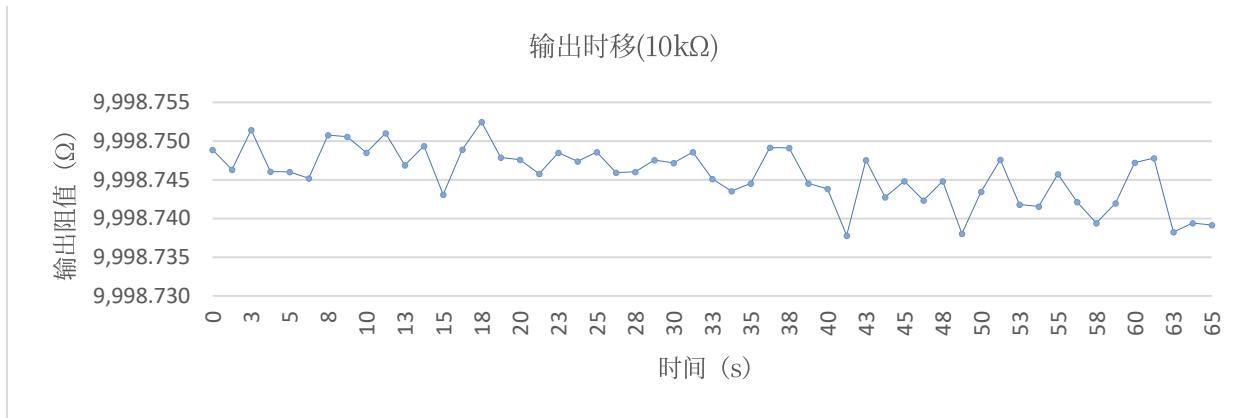


上图：精度是基于数个样品（通道）在 $T_{\text{cal}}+37^\circ\text{C}$ (60°C) 条件下测试的结果汇总

典型特性(续)

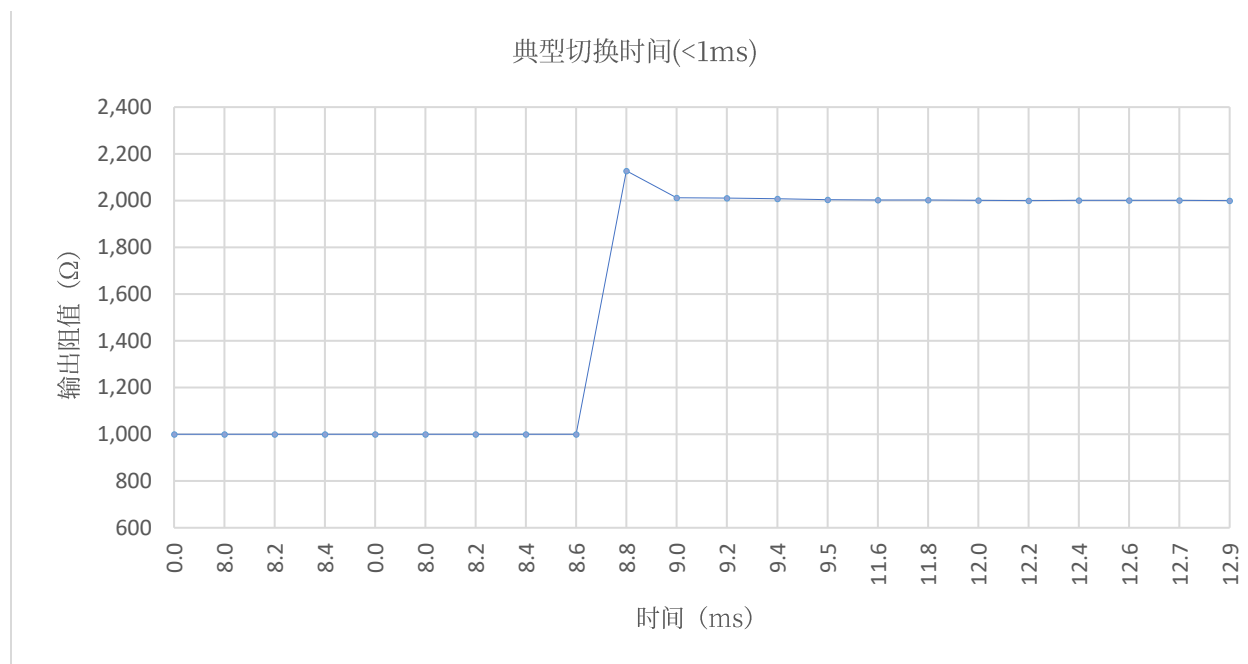


典型特性(续)

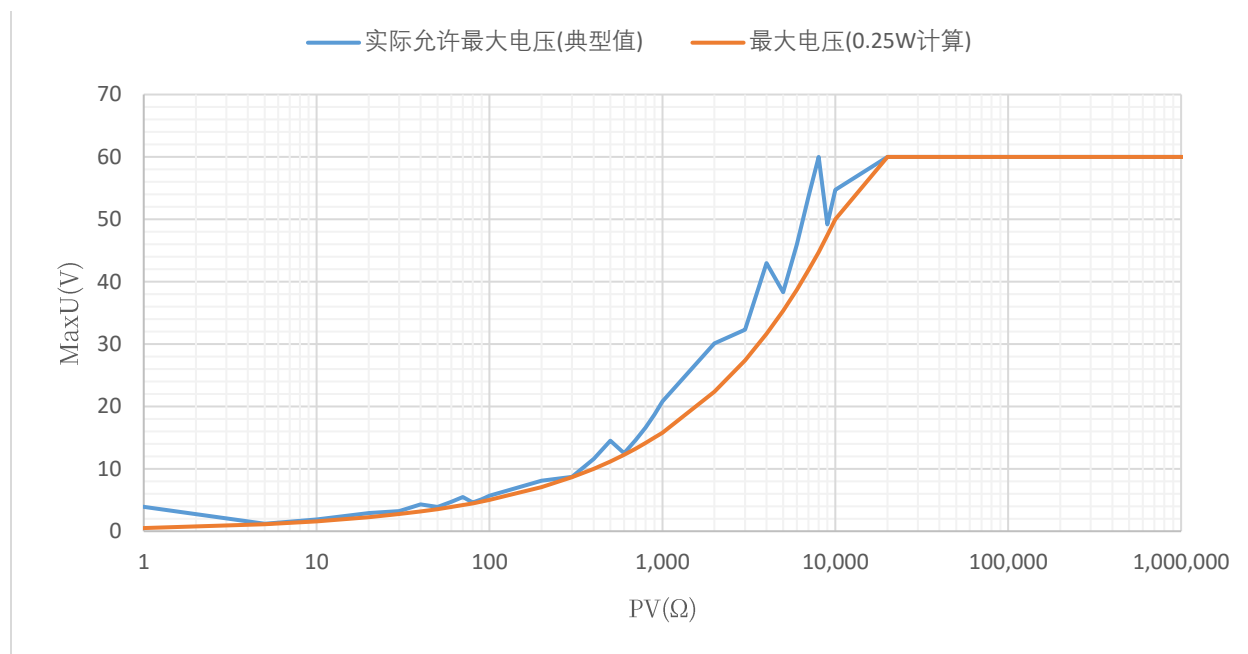


以上输出时移：由于受光耦温升、寄生电容/电感、测量仪器或测量方法等因素的影响，通常输出电阻测量值需要经过一段时间才能稳定下来，这个过程可能持续数秒乃至数分钟。在高精度或长时间保持固定值应用中或许应该考虑到这一点（更高标准的应用推荐 BMR-L 系列，继电器不发热）。测试方法是在输出新值的第一瞬间（ $t=0$ ）开始测量，并记录约 1min 左右的测量数据。

典型特性(续)

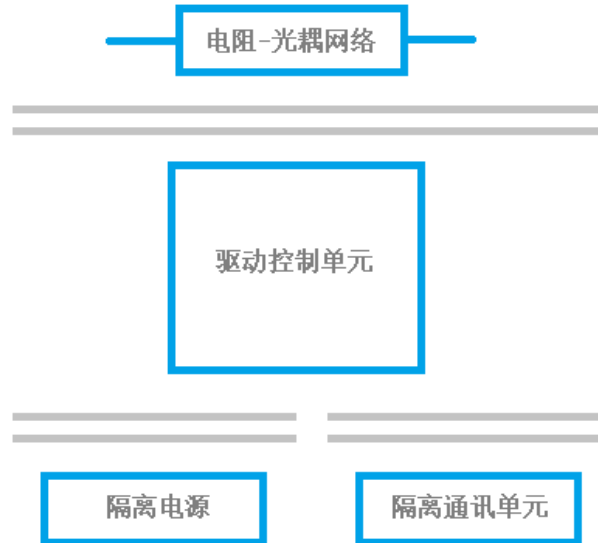


上图：输出典型切换时间（1kΩ 切换至 2kΩ）



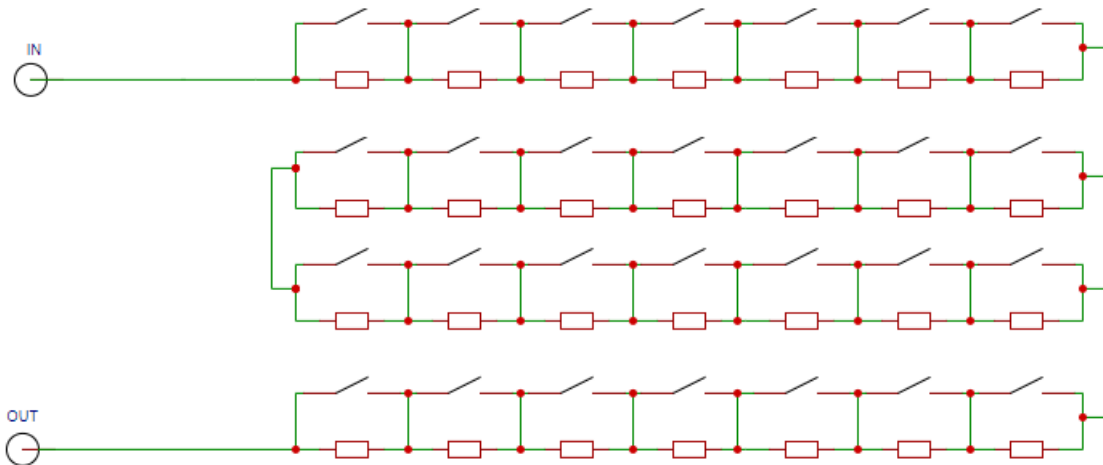
上图：BMR-P 基础电阻的额定功率是 0.25W，而实际上对于绝大多数的输出值（PV），其额定功率通常在 0.25W 至 0.5W 之间。用户可根据串口实际返回的 MaxU 来使用；简化起见，也可一律按照 0.25W 根据公式 $MaxU = \sqrt{PV \cdot 1}$ 计算出的额定电压来处理。需要注意的是，输出电阻两端最大施加电压不能超过 60V。

模块系统框图



上图：BMR-P 模块系统框图

工作原理



上图：继电器-基础电阻阵列原理。

开启或闭合特定开关组合可输出与设定值接近的电阻值（掉电和模块刚上电时开关状态为开启）

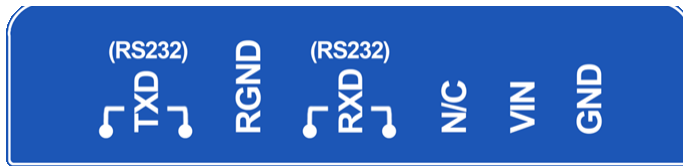
端口信号分配



上图: RS-485 接口标签

序号	信号定义	功能
1	RS485 A*	RS-485 差分信号 A
2	RGND	RS-485 保留地 (可选接)
3	RS485 B*	RS-485 差分信号 B
4	N/C	悬空不接线
5	VIN	模块供电 (正), 6~24VDC
6	GND	模块供电 (负)

*多余的一对 RS485 A 和 RS485 B 可以选接 120Ω 电阻, 或者连接下一路模块以组网。



上图: RS-232 接口标签

序号	信号定义	功能
1	RS232 TXD	RS-232 TXD
2	RGND	RS-232 地
3	RS232 RXD	RS-232 RXD
4	N/C	悬空不接线
5	VIN	模块供电 (正), 6~24VDC
6	GND	模块供电 (负)



上图: CAN 接口标签

序号	信号定义	功能
1	CAN_H*	CAN H
2	RGND	CAN 地 (选接)
3	CAN_L*	CAN L
4	N/C	悬空不接线
5	VIN	模块供电 (正), 6~24VDC
6	GND	模块供电 (负)

*多余的一对 CAN_H 和 CAN_L 可以连接下一路模块以组网。

使用须知



防触电!

由于本产品电阻输出端支持最高 60V DC/AC 的电压，大于 36V 安全电压使用时务必做好防护，禁止触碰输出端子避免人员或设备受损。

使用环境温度和湿度

请在推荐使用温度和湿度范围内使用。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的准确度以及缩减模块的使用寿命。

接线

请正确区分输入端和输出端，根据标签上的管脚信息正确接线。两线使用时，为避免频繁插拔导致输出电阻漂移，请拧紧固定螺丝（出厂前已经拧紧），**电阻输出端不建议频繁拆卸。**

安装

本系列模块支持 DIN 35mm 导轨。

供电

使用 6-24VDC、1W 以上的电源为本模块供电，模块内部具备电源防反接功能。尽管模块采用高 PSRR 的电源芯片，仍建议使用低纹波电源为本产品供电以减小输出电阻噪音。

测试

断电情况下或刚上电后，模块默认输出最大值。

用四线（开尔文）接法是验证模块输出精度的推荐方法；两线接法通常会引入一个偏移值，**用户需在应用中自行补偿外接导线的电阻。**电阻输出值已包含接线端子的接触电阻。

模块在使用过程中光耦会发热，单通道使用最坏情况下引起约 2°C 的温升，双通道同时使用最坏情况下引起约 4°C 的温升。短期测量时，温升时导致输出电阻漂移的主要原因，不过初始精度已包含该因素的影响。

组网

本模块的 AT 指令集，允许主机与总线上的任一模块单独通讯。通讯接口选择 RS-485 或 CAN 均支持组网。最大支持 256 个节点挂在同一条 RS-485 总线上。

通常，RS-232 只能控制一路模块。如有需要，可在各模块通过 RS-485 组网后，自行搭配 RS-232 转 RS-485 模块，以实现 RS-232 控制多路模块的功能。如主机不需要模块的返回信息，对于 RS-232 接口，所有模块的 RXD 也可以与主机的 TXD 连接在一起组网。

特色功能

用户可自定义“最小输出限制值”（例如使用 `AT+RES.RLIMIT=100`，将 R0 最小输出值钳位在 100Ω），以避免在应用时误设低于该阈值的值从而导致输出电阻过载。将该阈值设置为 0 即解除输出限制。

多通道间“同步输出”。模块允许使用相应指令控制各通道“同步”输出相同或者相异的阻值，这在一些场景中特别有用，比如两个通道串联在一起组成高性能的电位计。

AT 指令集

通讯环境配置		
默认波特率及配置	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才算一条完整的指令。

AT 指令集介绍

按功能划分，本模块的 AT 指令集分为“R0 通道基础指令”、“多通道扩展指令”、“用户自定义配置指令”、“模块信息查询指令”和“组网扩展指令”几种类型。

- **R0 通道基础指令**：针对 R0（通道 0）输出电阻的设置
- **多通道扩展指令**：在指令 AT+RES 后面增加通道号，比如 AT+RES1 即可应用于 R1（通道 1）的设置。此外，允许使用指令 AT+RESX“同步设置”所有通道。
- **用户自定义配置指令**：这些指令作用于整个模块，修改通讯波特率、用户自定义 US/N 等
- **模块信息查询指令**：模块的电子标签
- **组网扩展指令**：在组网应用中，利用模块本身的 S/N 作为模块 ID 与主机通讯。主机在上述所有指令末尾增加“@<S/N>”即可实现单独控制某一个模块。机制是：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。对于不含“@<S/N>”的指令，模块对这些指令“总是执行并应答”，因此可以借用这种方式来广播。此外，允许用户自定义 S/N (User S/N, 即 US/N)来取代默认的 S/N 作为模块 ID。

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 R0 通道基础指令				
1	设置 SP	AT+RES.SP=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP=100/ RX: +OK. +R0 .SP(Ohm)=100.00 .PV(Ohm)=99.99 .UMax(V)=5.7 .RLimit(Ohm)=0.00 +Temp(C)=33.9
2	设置 SP (递增)	AT+RES.SP+=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP+=100/ RX: +OK. +R0 .SP(Ohm)=200.00 .PV(Ohm)=199.94 ...
3	设置 SP (递减)	AT+RES.SP-=<float string>	Ω	TX: AT+RES.SP-=100/ RX: +OK. +R0 .SP(Ohm)=100.00 .PV(Ohm)=99.99 ...

AT 指令集列表 (续)

4	查询最小输出限制值	AT+RES.RLIMIT?	Ω	TX: AT+RES.RLIMIT?/ RX: +RES.RLIMIT=0.0
5	设置最小输出限制值	AT+RES.RLIMIT=<float string>	Ω	TX: AT+RES.RLIMIT=500/ RX: +OK. +R0 .SP(Ohm)=100.00 .PV(Ohm)=500.00 .UMax(V)=14.5 .RLimit(Ohm)=500.00 +Temp(C)=34.6 注: 上述指令将最小输出 RLIMIT 设置为 500。此时尽管 SP=100, 但是 PV 此时跟随 RLIMIT。
6	获取模块内部温度	AT+RES.TEMP?	°C	TX: AT+RES.TEMP?/ RX: +RES.TEMP=34.1
7	获取输出电阻详细信息	AT+RES.INFO?		TX: AT+RES.INFO?/ RX: : +R0.INFO: .SP(Ohm)=100.00 .PV(Ohm)=500.00 .UMax(V)=14.5 .RLimit(Ohm)=500.00 .Temp(C)=34.8 .TCal(C)=24.3
② 多通道扩展指令				
8	以上基础指令向 Ri 通道扩展	AT+RES<ch>,<ch>=0,1		TX: AT+RES1.SP=123.4?/ RX: +OK. +R1 .SP(Ohm)=123.40 .PV(Ohm)=123.41 ... 以上指令向R1 (通道1) 赋值。其他指令同理。
9	向各通道同时赋值, 各通道“同步”输出	AT+RESX.SP=<a>, 其中<a>或可以缺省, 缺省的通道保持原输出不变	Ω	TX: AT+RESX.SP=123,456/ RX: +OK. +R0 .SP(Ohm)=123.00 .PV(Ohm)=122.97 ... +R1 .SP(Ohm)=456.00 .PV(Ohm)=455.99 ...

AT 指令集列表 (续)

④用户自定义配置指令				
10	自定义通讯波特率	AT+DEV.BAUDRATE=<baud> <baud>取值范围为: 9600~115200 之间 (9600, 14400, 19200, 38400, 43000, 57600, 76800 和 115200 其中 的一种)	bps	TX: AT+DEV.BAUDRATE=9600/ RX: +ok 设置后立即生效。
11	设置用户自定义 S/N (US/N)	AT+DEV.USN=<string> <string>为 8 位字符串		TX: AT+DEV.USN=00000001/ RX: +ok
12	查询 USN.EN 状态	AT+DEV.USN.EN?		TX: AT+DEV.USN.EN?/ RX: +DEV.USN.EN=0
13	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
14	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
	CAN 总线配置指令	(TBD)		
⑤模块信息查询指令				
15	查询模块综合信息	AT+DEV.INFO?		TX: AT+DEV.INFO?/ RX: +DEV.INFO: .SN=00000000 .USN(EN=0)=00000001 .TYPE=BMR-P22800-1M-B1 ...
⑤组网扩展指令				
16	组网应用主机单独控制某 个从机模块, 以 S/N 为 ID	当 USN.EN=0, 上述指令末尾增 加"@<S/N>"用于控制对应序列 号 (S/N) 的模块		TX: AT+DEV.USN.EN?/ RX: +DEV.USN.EN=0 TX: AT+DEV.SN?/ RX: +DEV.SN=00000000 TX: AT+RES1.SP=789@00000000/ RX: +OK.@00000000 +R1 .SP(Ohm)=789.00 .PV(Ohm)=788.93 ...
17	组网应用主机单独控制某 个从机模块, 以 US/N 为 ID	当 USN.EN=1, 上述指令末尾增 加"@<US/N>"用于控制对应用户 自定义序列号 (US/N) 的模块		TX: AT+DEV.USN=12345678/ RX: +OK. TX: AT+DEV.USN.EN=1/ RX: +OK. TX: AT+RES1.SP=123@12345678/ RX: +OK.@12345678 +R1 .SP(Ohm)=123.00 .PV(Ohm)=123.03 ...

使用示例

示例 1. 单机设置输出

- 主机与单个模块（从机）连接好
- 发送 **AT+RES.SP=123.4**/将 R0（通道 0）输出设置为 123.4Ω
- 发送 **AT+RES1.SP=432.1**/将 R1（通道 1）输出设置为 432.1Ω
- 发送 **AT+RESX.SP=111.1,222.2**/将 R0、R1 输出分别设置为 111.1Ω 和 222.2Ω，两通道会同步切换

示例 2. 使用 S/N 作为 ID 进行 RS485 组网

- 主机与各模块（从机）连接好
- 发送 **AT+DEV.USN.EN=0**/使全部从机使用默认 S/N 组网通讯
- 发送 **AT+RES.SP=123.4@00000001**/将#00000001 的 R0 输出设置为 123.4Ω 并应答
- 发送 **AT+RES1.SP=432.1@00000002**/将#00000002 的 R1 输出设置为 432.1Ω 并应答
- 发送 **AT+RES1.SP=100@002**/因序列号错误（不可缺省“0”），无从机应答
- 发送 **AT+RESX.SP=100,200**/将所有从机的 R0 设置为 100Ω，R1 设置为 200Ω，全部从机应答（不过此时造成应答数据乱码）

示例 3. 使用 US/N 作为 ID 进行 RS485 组网

- 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
- 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
- 参考示例 2，使用新的 US/N（12345678 和 87654321）进行组网通讯单独控制

示例 4. Python 控制示例

```
import serial

#通常使用 USB 转 RS232/485 模块与模块进行调试。USB 转接模块映射在电脑上是 COM 口
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+RES.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
```


示例 5. CAN 总线使用说明

- (TBD)



Eastwood Instruments

- 略胜一筹.

更多信息:

www.eastwood.tech

©2025 Eastwood Instruments (Huizhou) Ltd.

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。