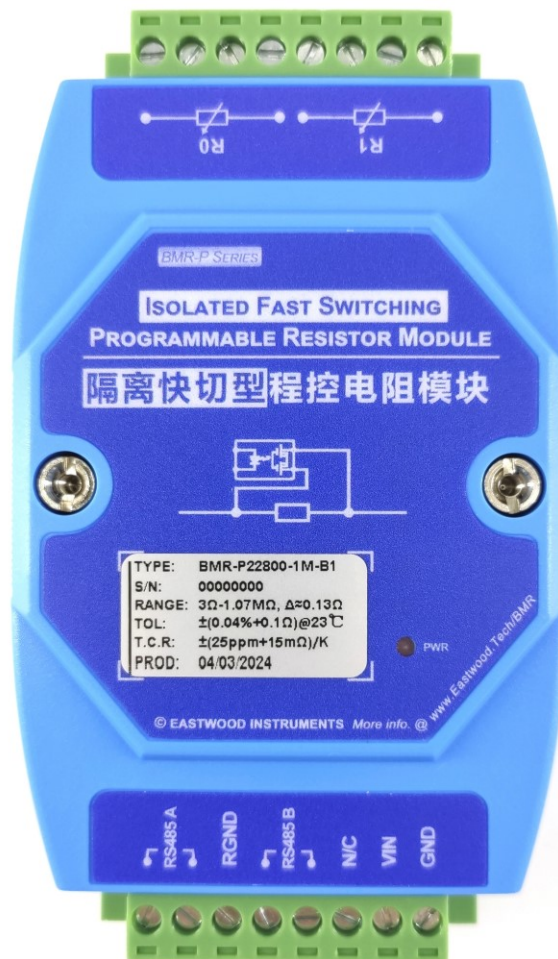


# BMR-P 系列 隔离快切型程控电阻模块

## 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的应用。

BMR-P 系列标准版支持 2 通道输出，覆盖 3Ω-1MΩ 的输出量程，具有约 0.13Ω 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，该系列克服光耦导电电阻较大的缺点，B 级在全输出范围初始精度可以轻松达到  $\pm(0.04\%+0.1\Omega)$ 。

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。

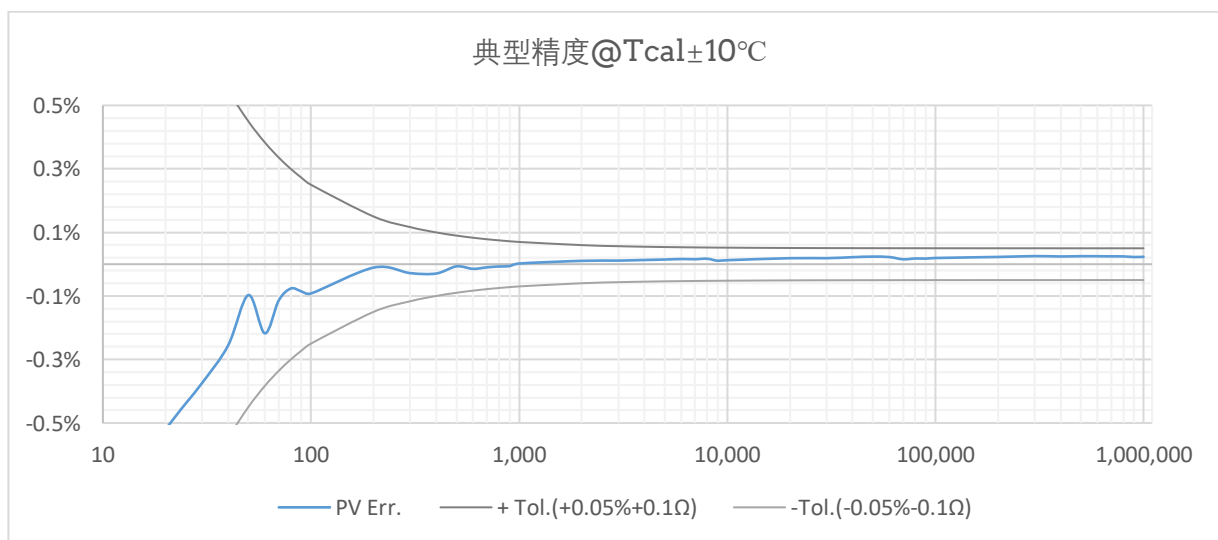
此外，模块外壳贴合工业应用场景设计，支持标准 DIN 导轨安装。

## 特征概览

- 由“光耦-电阻网络”产生的真实电阻
- 单模块 2~4 通道输出，通道间可“同步输出”相同或相异的电阻值，通道间可组成电位计
- 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 0.13Ω）
- 中高精度（@ $T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）：  
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  
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
- 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 <sup>12</sup>
<b>BMR-P22800-1M-B0</b>	标注版，B级，双通道，3Ω-1MΩ 量程，约 0.13Ω 步进，初始精度 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，RS232 接口
<b>BMR-P22800-1M-B1</b>	标注版，B级，双通道，3Ω-1MΩ 量程，约 0.13Ω 步进，初始精度 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，RS485 接口
<b>BMR-P22800-1M-B2</b>	标注版，B级，双通道，3Ω-1MΩ 量程，约 0.13Ω 步进，初始精度 $\pm(0.04\%+0.1\Omega)@T_{cal}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，CAN 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。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 3.0 Ω 左右。

## 术语及定义

<b>T<sub>cal</sub></b>	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
<b>校准环境</b>	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，四线法测量含原装接线端子在内的输出电阻
<b>精度 (R.D)</b>	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。
<b>初始精度</b>	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
<b>SP</b>	SetPoint，用户设定值
<b>PV</b>	Process Value，模块输出过程值，通讯返回值或示值。通常与对应 SP 有 1 个步进内的误差
<b>ΔT</b>	模块内部温度- <b>T<sub>cal</sub></b> ，由模块内置温度传感器读取。
<b>R.H</b>	相对湿度
<b>Ri</b>	RO 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

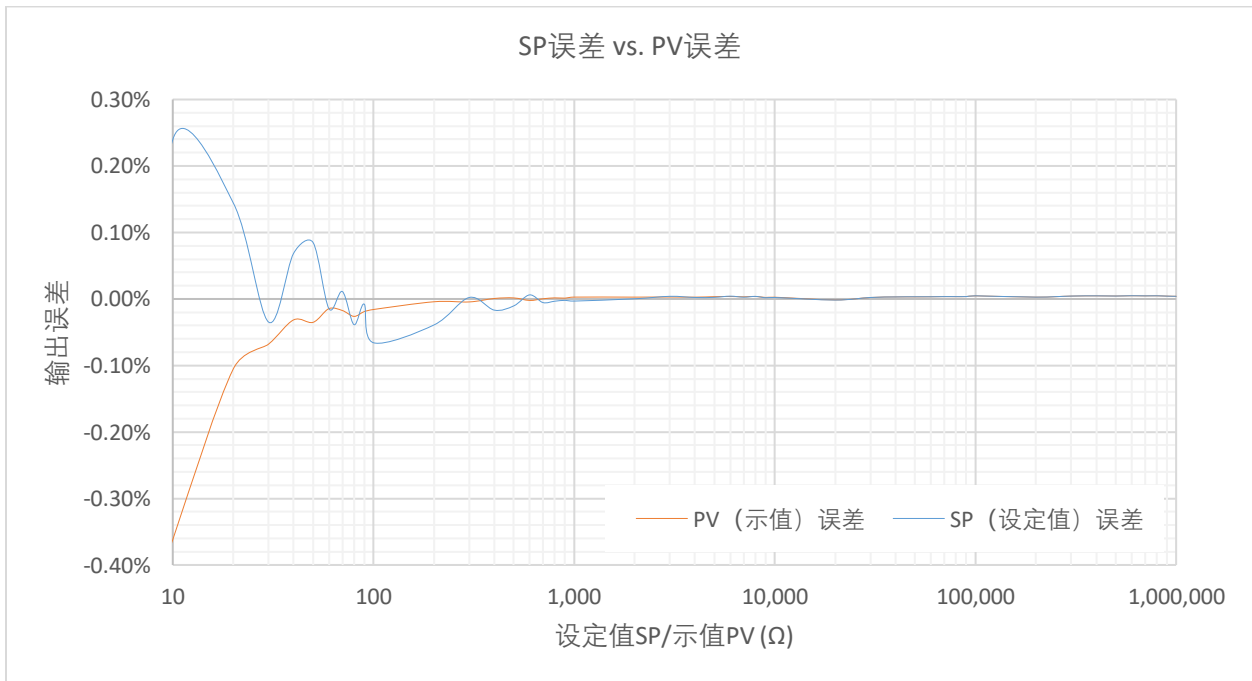
主要参数	BMR-P 系列		备注
输出电阻			
等级		B 级 @ $T_{cal} \pm 1^\circ\text{C}$	*@校准环境
初始精度*		$\pm(0.04\% \text{ R.D} + 0.1\Omega)$	
温漂		$\pm(25\text{ppm} + 0.015 \Omega)/\text{K}$	
BMR-P 系列 最大量程	3 $\Omega$ -1M $\Omega$ (标准版)		
步进 (分辨率)	约 0.13 $\Omega$ (标准版), 详见订货码		
SP 和 PV 差值	典型值 < 0.5 个步进		
最大电压	60V		
最大电流	0.8A		
额定功率	0.25~05 W (因输出阻值而异, 最高 60 VDC)		详见通讯端口返回数据
断路输出	可定制		
开关类型	光耦 (PhotoMOS)		
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 10 $^\circ\text{C}$		双通道同时工作, 最坏情况下
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	$-10^{\circ}\text{C}$ to $55^{\circ}\text{C}$	
工作相对湿度	至 80 % R.H 非凝露	高湿度仍可使用, 但不能保证精度
存储温度	$-20^{\circ}\text{C}$ 至 $75^{\circ}\text{C}$	
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	

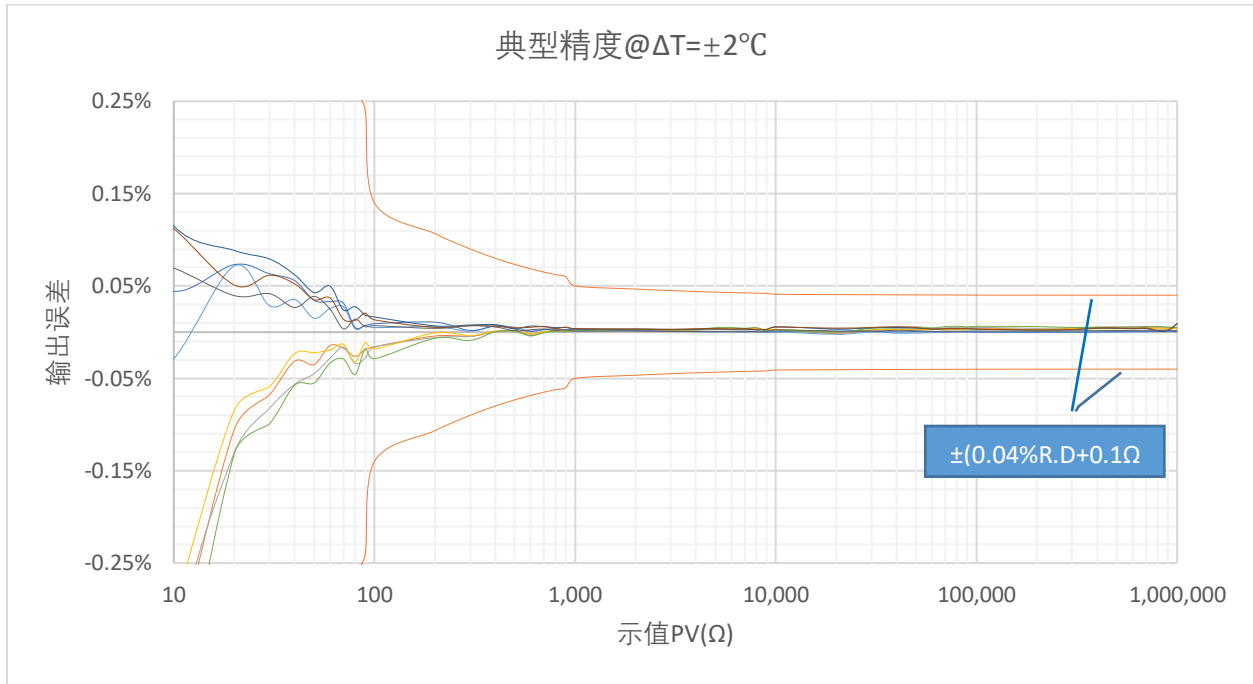
### 典型特性\*

\*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 1M $\Omega$  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。

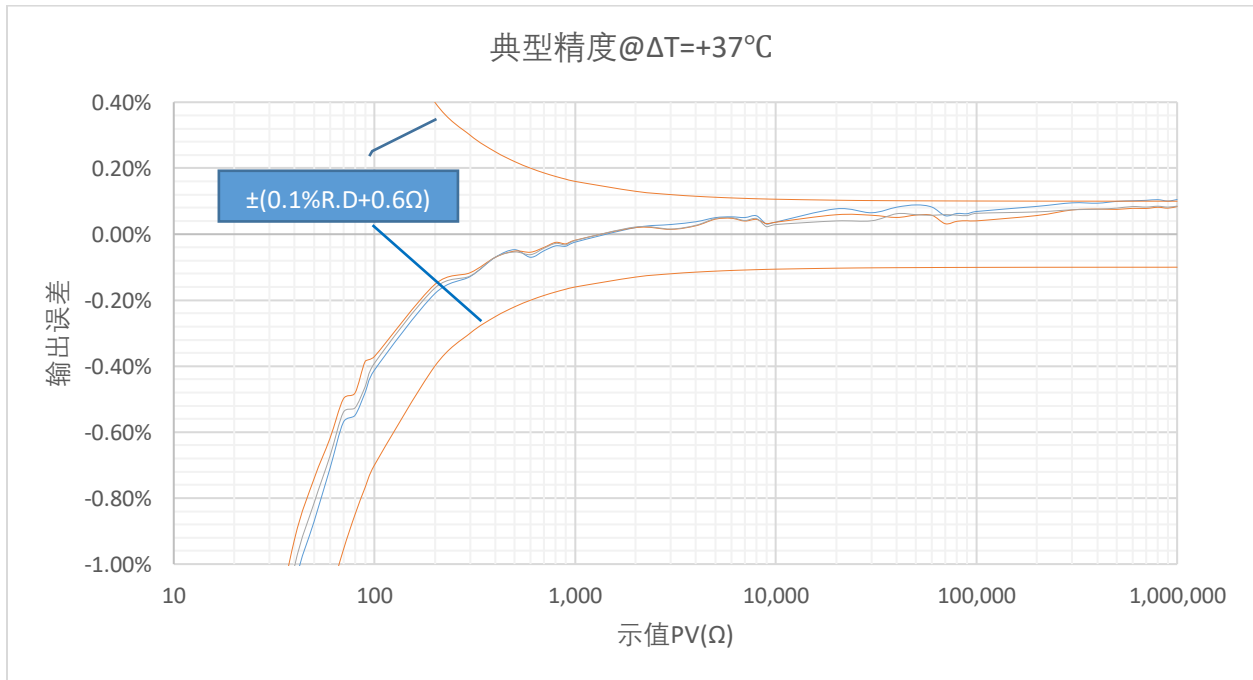


上图: 基于 SP (Setpoint, 设定值) 和基于 PV (Process Value, 返回值/示值) 与参考表测量值分别计算输出误差。输出低于 1k $\Omega$ , 整体而言 PV 更客观描述实际输出阻值; 1k $\Omega$  以上可忽略二者差异。

## 典型特性(续)

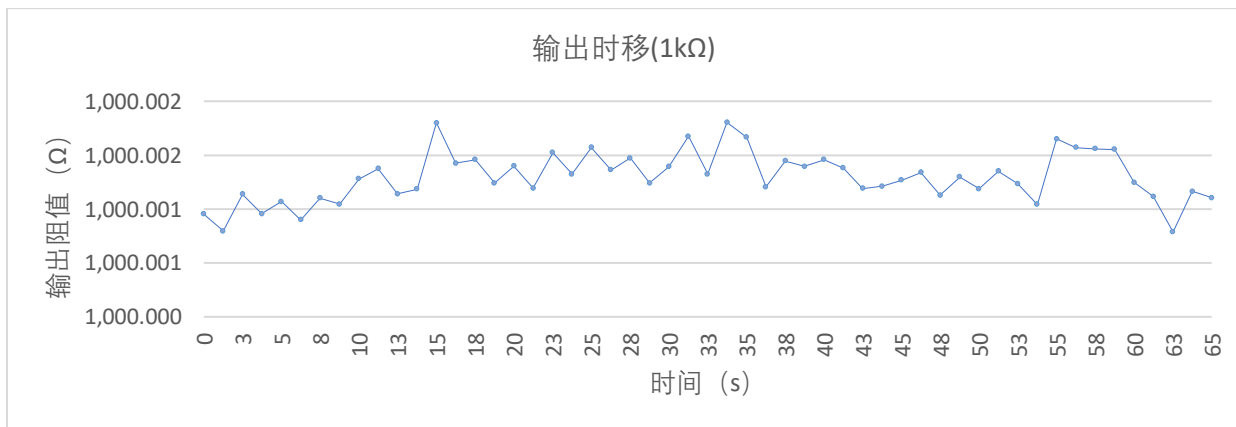
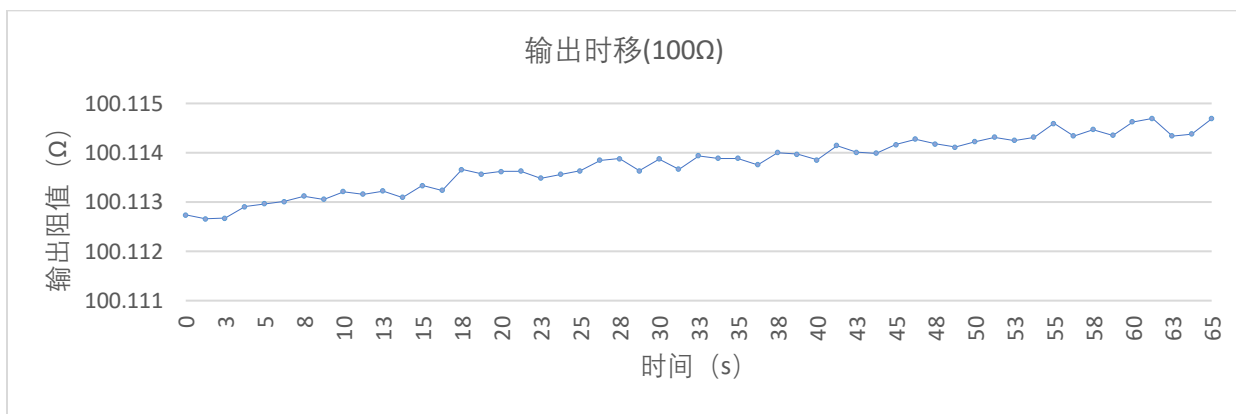
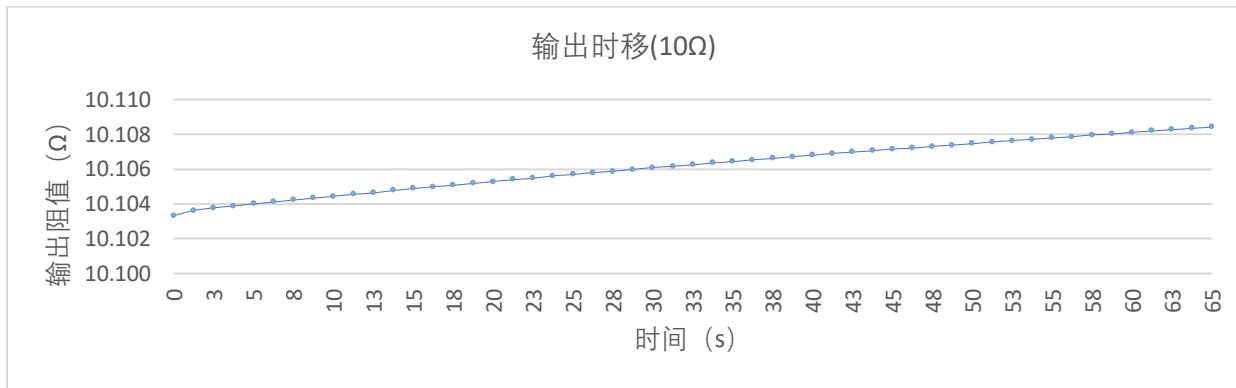


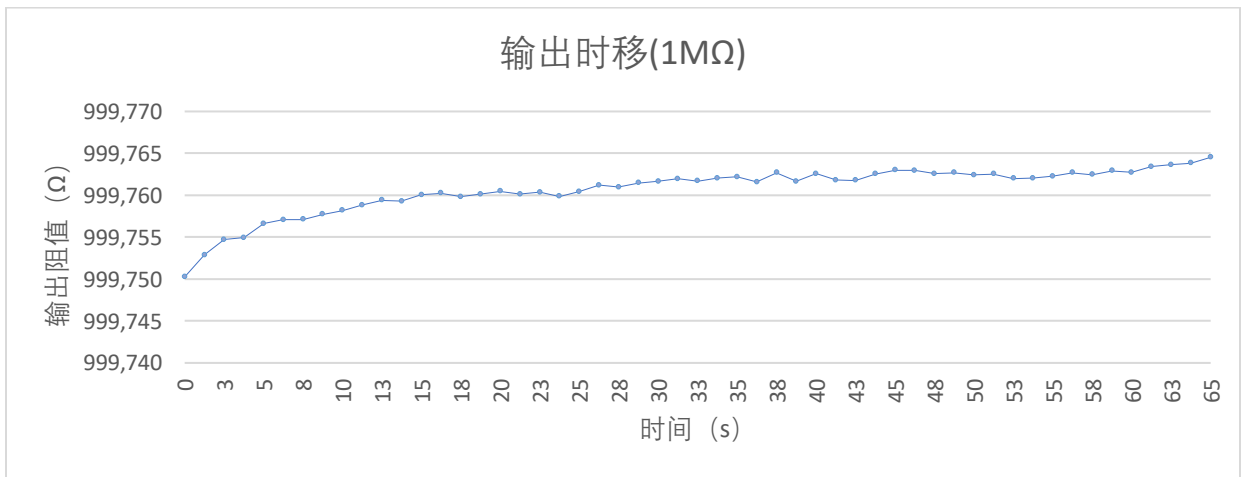
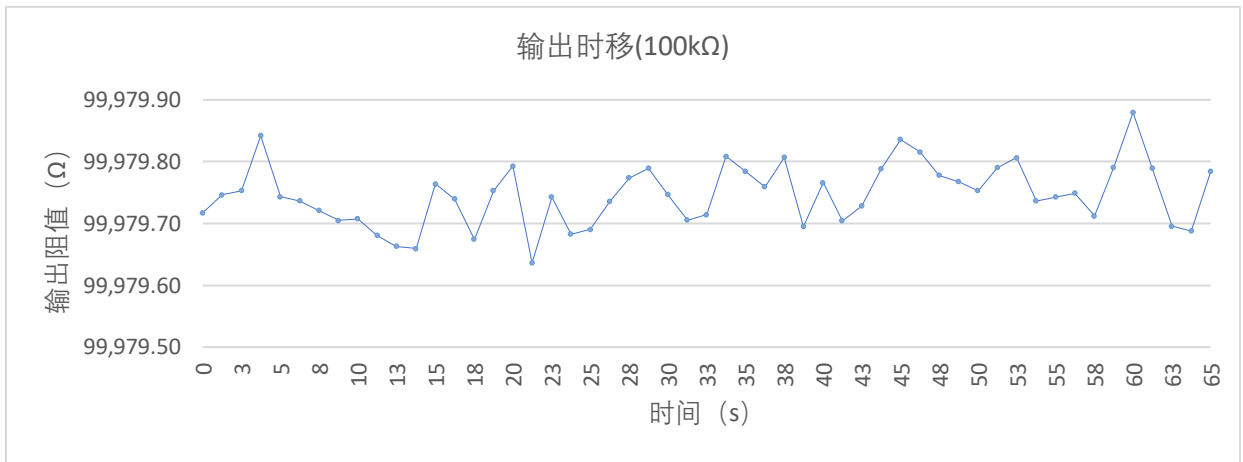
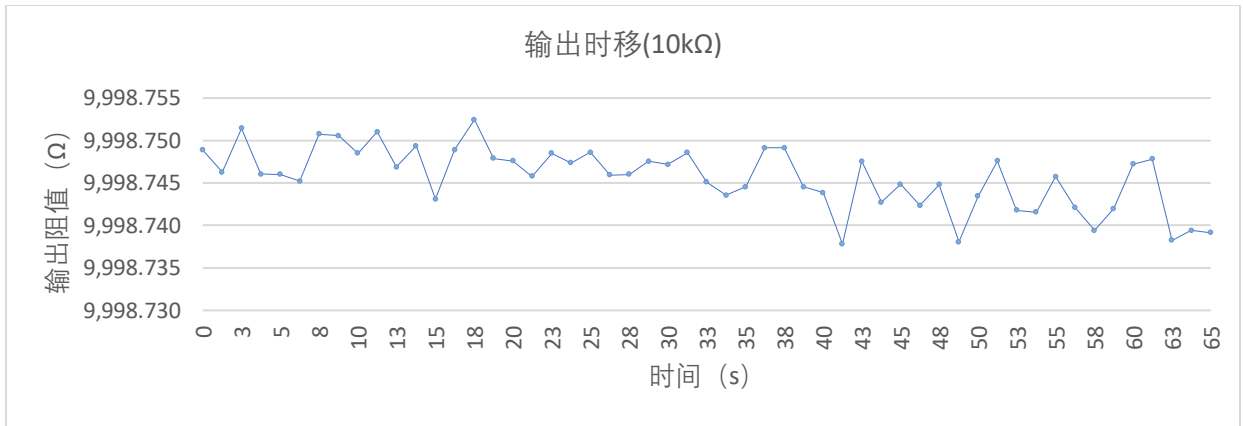
上图：精度是基于数个样品（通道）在恒温箱内（温度变化区间： $T_{cal}-2^\circ\text{C} \sim T_{cal}+2^\circ\text{C}$ ）测试的结果汇总



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

## 典型特性(续)

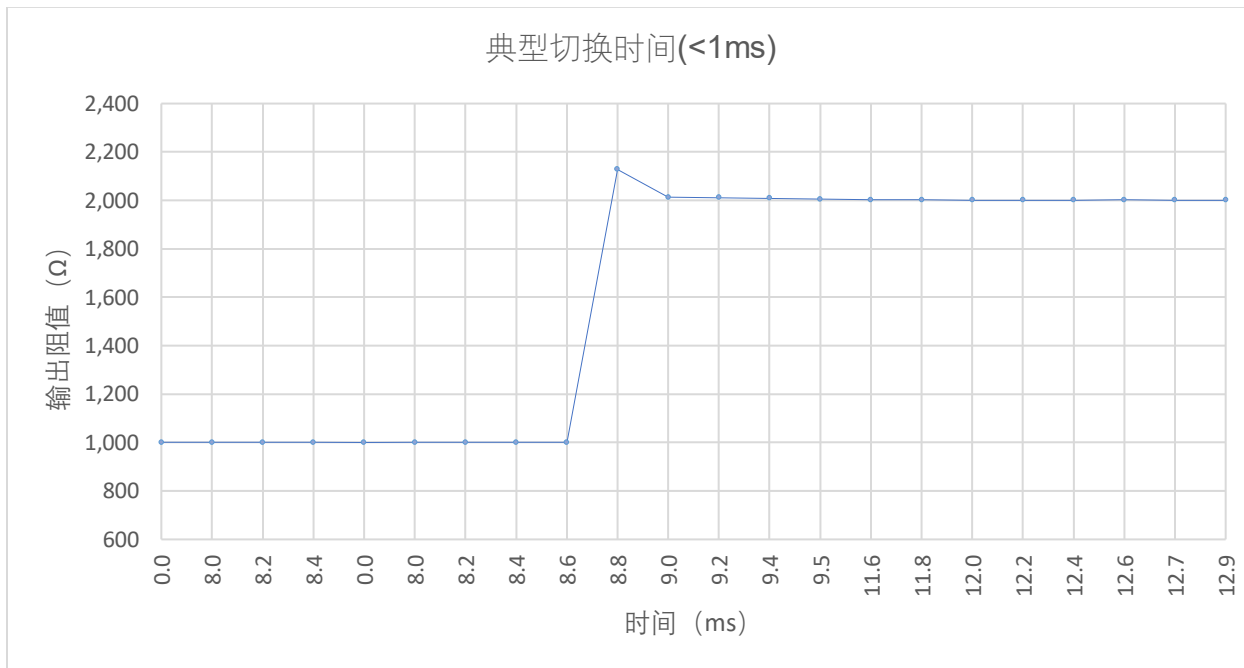




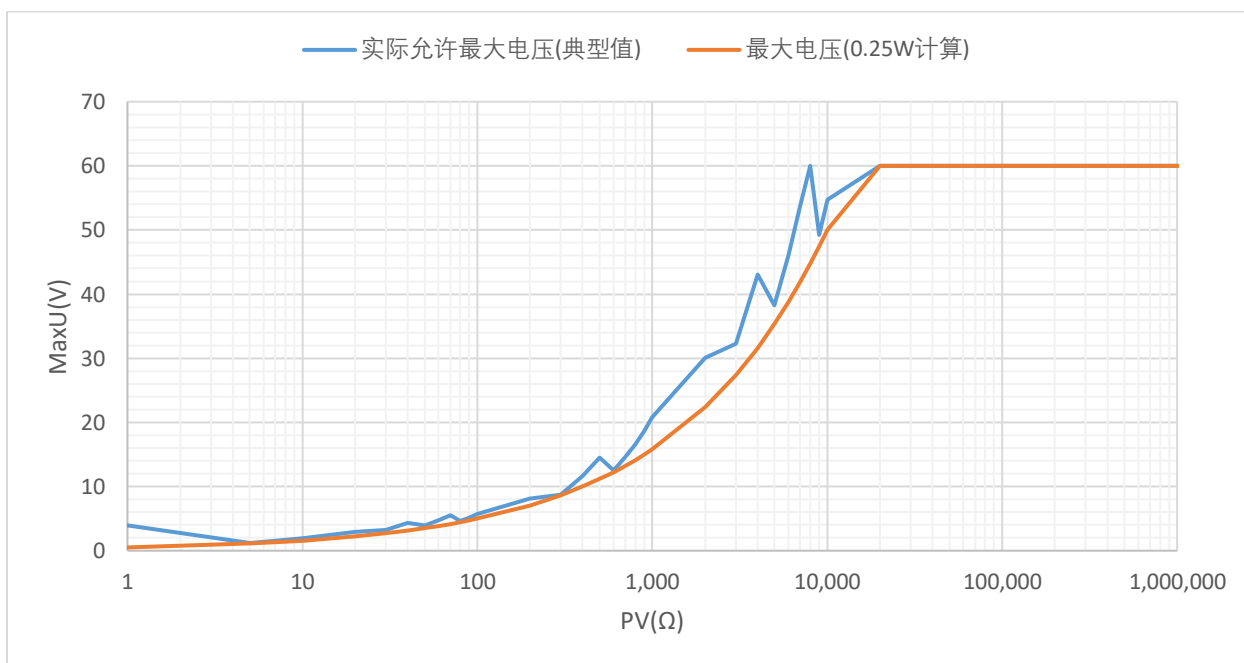
以上输出时移：由于受光耦温升、寄生电容/电感、测量仪器或测量方法等因素的影响，通常输出电阻测量值需要经过一段时间才能稳定下来，这个过程可能持续数秒乃至数分钟。在高精度或长时间保持固定值应用中或许应该考虑到这一点（更高标准的应用推荐 **BMR-L** 系列，继电器不发热）。测试方法是在输出新值的第一瞬间 ( $t=0$ ) 开始测量，并记录约 **1min** 左右的测量数据。



## 典型特性(续)

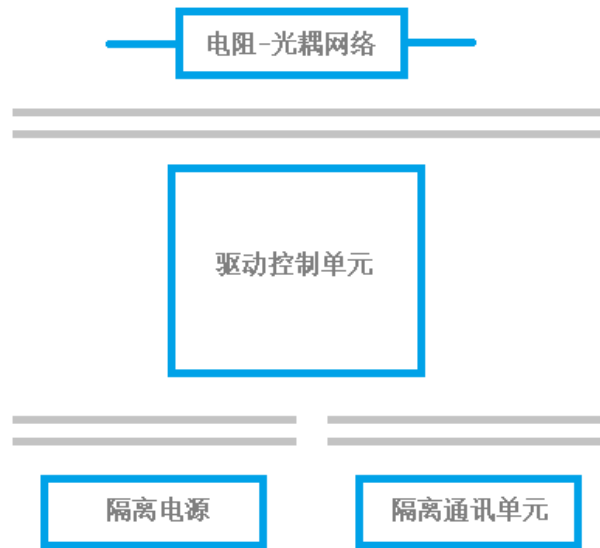


上图：输出典型切换时间（1kΩ切换至 2kΩ）



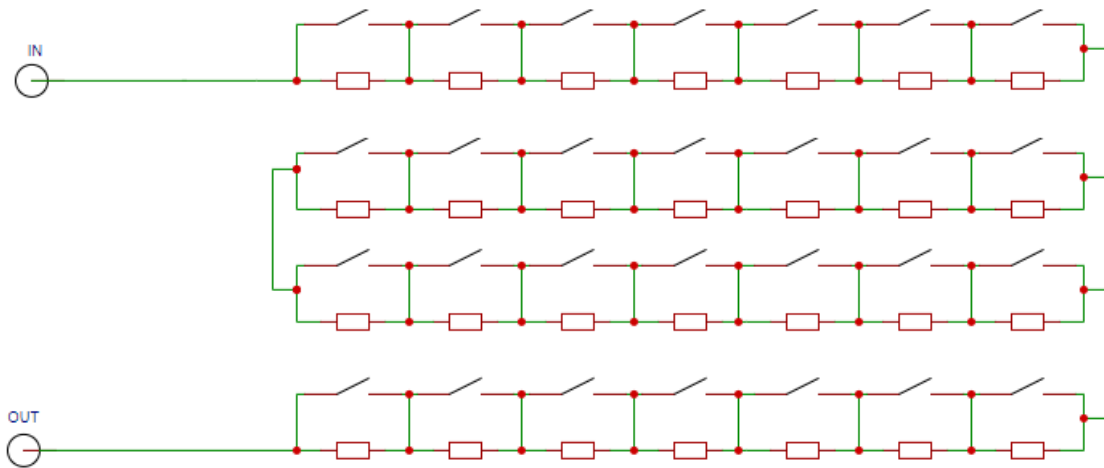
上图：BMR-P 基础电阻的额定功率是 0.25W，而实际上对于绝大多数的输出值（PV），其额定功率通常在 0.25W 至 0.5W 之间。用户可根据串口实际返回的 MaxU 来使用；简化起见，也可一律按照 0.25W 根据公式  $MaxU = \sqrt{PV \cdot 1}$  计算出的额定电压来处理。需要注意的是，输出电阻两端最大施加电压不能超过 60V。

## 模块系统框图



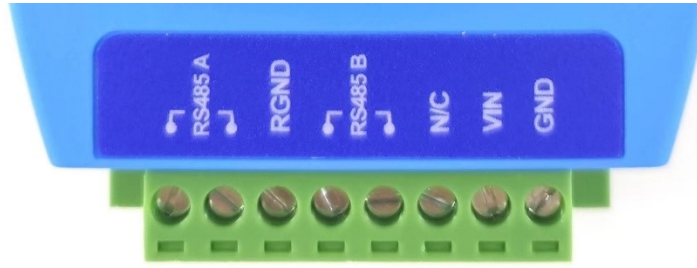
上图：BMR-P 模块系统框图

## 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

## 端口信号分配



上图：RS485 接口

RS485 型号：

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

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

RS232 型号：

信号定义	功能
RS232 TXD	RS232 TXD
RGND	RS232 地
RS232 RXD	RS232 RXD
N/C	悬空不接线
VIN	模块供电（正），6~24VDC
GND	模块供电（负）

CAN 总线型号：

信号定义	功能
CAN_H*	CAN H
RGND	CAN 地（选接）
CAN_L*	CAN L
N/C	悬空不接线
VIN	模块供电（正），6~24VDC
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 5°C 的温升，双通道同时使用最坏情况下引起约 10°C 的温升。

### 组网

通讯接口选择 RS485 或 CAN 均支持组网。最大支持 256 个节点挂在同一条 RS485 总线上。

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。

如主机不需要模块的返回信息，对于 RS232 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。

### 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**：相当于模块的电子标签
- **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
<b>② 多通道扩展指令</b>				
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>,<b> 其中<a>或<b>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>"		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>"		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 RO（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 RO、R1 输出分别设置为 111.1Ω 和 222.2Ω，并同步切换

### 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 RO 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 RO 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+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)

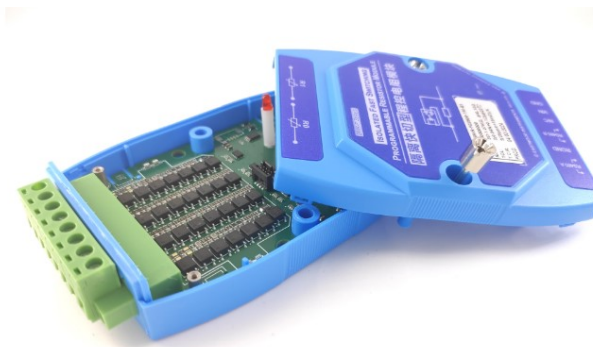
ser.close()

#关闭串口
```



## 示例 5 (CAN 总线使用说明)

- (TBD)



**Eastwood Instruments**

- 略胜一筹 -

更多信息:

[www.eastwood.tech](http://www.eastwood.tech)

©2024 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。