

膜片钳及相关 实验仪器的使用

The Operation for Patch Clamp and Related Experimental Instruments

刘振伟 编著



北京科学技术出版社

目次

参考文献

2010年1月1日

2010年1月1日

膜片钳及相关实验仪器的使用

刘振伟 编著

 北京科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

膜片钳及相关实验仪器的使用/刘振伟编著. —北京: 北京科学技术出版社, 2018. 5

ISBN 978 - 7 - 5304 - 9459 - 2

I. ①膜… II. ①刘… III. ①质膜 - 生物技术 IV. ①Q241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 031849 号

膜片钳及相关实验仪器的使用

作 者: 刘振伟

责任编辑: 王 藏

封面设计: 刘振伟

出 版 人: 曾庆宇

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街 16 号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086 - 10 - 66135495 (总编室) 0086 - 10 - 66113227 (发行部)

0086 - 10 - 66161952 (发行部传真)

电子信箱: bjkj@bjkjpress.com

网 址: www.bkydw.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

字 数: 363 千字

印 张: 13.5

版 次: 2018 年 5 月第 1 版

印 次: 2018 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5304 - 9459 - 2/Q · 150

定 价: 88.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。
京科版图书, 印装差错, 负责退换。

前 言

生物科学技术中,传统膜片钳及卵母细胞双电极记录、脂双层单通道记录等电生理学实验技术所需的仪器设备较多。在多数情况下,这样一套完整的技术系统,不仅在购买时仪器设备的配置比较烦琐,而且在使用时这些仪器设备的功能也较为复杂。正确掌握仪器的使用方法是获得可靠科研数据至关重要的环节,有鉴于此,笔者多方查阅了膜片钳及相关实验仪器的资料,同时结合多年在具体实验中获得的仪器使用经验,撰写了本书,希望能为国内科研人员在膜片钳及相关仪器的使用上提供有效的帮助。

全书共分四章,包括电刺激器、玻璃微电极拉制仪、放大器及数模/模数转换器,以及其他相关仪器设备,共介绍了20多种仪器设备的特点、功能与使用方法。本书在选择仪器设备时,入选的多是膜片钳及相关电生理学实验室常用的,而且不易为使用者熟练掌握或某些功能不为使用者所知和利用的仪器设备。一些常用且功能较为复杂的膜片钳放大器,如Axopatch 200B、MultiClamp 700B以及EPC 10 USB,在《实用膜片钳技术》第二版中已有详细讲解,此书不再介绍。

本书对仪器的工作原理涉及较少,重点介绍了仪器的使用方法和操作步骤,对仪器的功能也尽可能做了详尽说明,因唯有熟知其功能,才能更好地掌握仪器的使用方法。此外,对某些仪器(如刺激器、放大器)与其他仪器和软件的配套使用方法也做了重点讲述。与《实用膜片钳技术》一样,本书亦侧重实用,力图在书中详尽讲述仪器的使用方法,使科研人员参照本书能够快速地掌握仪器的基本操作。

本书可作为实验室技术人员和学生的科研实验参考书、实验室购置卵母细胞双电极电压钳记录系统和平面脂双层记录系统仪器设备的指导用书,还可作为经销电生理实验设备的销售人员和工程师的业务用书。

笔者从事细胞电生理学科研与教学多年,涉足多种细胞电生理学实验,拥有丰富而具体的实验经验,但个人的知识水平和实验能力终究有限,望大家在使用本书时发现错误与不足之处及时指出,使笔者获得纠正与改进的机会,更好地为科研工作者服务!

刘振伟

2017年10月于北京

目 录

第一章 电刺激器	1
第一节 Master-8 程控脉冲刺激器	1
一、简介	1
二、前后面板	2
三、刺激模式与刺激参数的含义	2
四、刺激模式与刺激参数设置	4
五、触发	7
六、处理 paradigm	8
七、设置的检查	8
八、计时选择	9
九、Master-8-cp	9
十、实例——LTP 诱发实验中刺激参数的设置	10
十一、刺激输出	12
十二、同步触发	13
第二节 Master-9 程控脉冲刺激器	13
一、简介	13
二、前后面板	14
三、刺激模式与刺激参数的含义	15
四、刺激模式与刺激参数设置	18
五、触发	19
六、显示其他 channel 的参数	21
七、处理 paradigm	21
八、用 channel 9 输出刺激波形	21
九、计时设备	22
十、使用计算机编程	22
十一、实例——LTP 诱发实验中刺激参数的设置	23
十二、刺激输出	25
十三、同步触发	25
第三节 Model 2100 型隔离式脉冲刺激器	25
一、简介	25
二、功能钮	26
三、刺激参数设置	29

四、常见问题	31
五、实例——LTP 诱发实验中刺激参数的设置	31
六、刺激输出	34
七、同步触发	34
第四节 Model 3800 型程控脉冲刺激器	34
一、简介	34
二、前后面板	35
三、刺激参数	36
四、触发	37
五、触摸屏	37
六、软件设置	42
七、实例——LTP 诱发实验中刺激参数的软件设置	47
八、刺激输出	48
九、同步触发	49
第二章 玻璃微电极拉制仪	51
第一节 P-97 型程控微电极拉制仪	51
一、简介	51
二、前面板功能	52
三、拉制参数的含义	53
四、软件控制功能的设置	55
五、拉制电极的步骤	57
六、拉制参数的设置	59
七、玻璃管的规格	69
八、拉制仪加热片	71
九、拉制仪的抛光功能	75
十、拉制仪的干燥剂	76
十一、问题解答	76
第二节 P-1000 型程控微电极拉制仪	82
一、简介	82
二、Home 屏	83
三、拉制参数的设置	84
四、电极拉制步骤	86
五、Program List 屏	87
六、Menu 屏	88
七、编辑与拉制过程中的出错信息	92
八、黑屏问题	93
第三节 P-2000 型程控激光微电极拉制仪	93

一、简介	93
二、激光系统的构成	93
三、前面板	95
四、拉制参数的含义	95
五、软件控制功能的设置	97
六、拉制电极的步骤	99
七、拉制参数的设置	99
八、激光系统的校正	102
九、拉制仪的清洁	103
十、问题解答	104
第三章 放大器及数模/模数转换器	109
第一节 OC-725C 卵母细胞钳制放大器	109
一、简介	109
二、前后面板	110
三、探头与模型细胞	114
四、用模型细胞对仪器进行测试	115
五、对电极的要求	118
六、仪器连线	120
七、卵母细胞双电极电压钳实验操作	121
八、与 Digidata 转换器的连接以及 Clampex 软件参数设置	124
九、技术参数	126
第二节 Axoclamp 900A 微电极放大器	127
一、简介	127
二、TEVC 模式	129
三、电流钳(IC)模式	136
四、卵母细胞双电极电压钳记录系统的配置	138
第三节 Model 1800 型细胞外记录放大器	139
一、简介	139
二、前面板	140
三、使用方法	141
第四节 Digidata 系列数模/模数转换器	142
一、简介	142
二、模拟信号输入/输出导联	143
三、数码信号输入/输出导联	144
四、Telegraph Input 输入口	144
五、HumSilencer 功能	144
六、推荐的计算机配置	144

七、与 pClamp 软件的兼容性	145
八、安装与确认	145
九、总结	146
第四章 其他相关仪器设备	147
第一节 VC³ 灌流系统	147
一、简介	147
二、主控机面板	148
三、系统配置	149
四、溢出的监测功能	151
五、液体的充盈	152
六、外部控制	152
第二节 微量压力注射仪	156
一、PicoSpritzer III 型微量压力注射仪	156
二、PLI-100A 型微量压力注射仪	159
第三节 MP-285 微操纵器系统	161
一、简介	161
二、主控机菜单结构	163
三、问题解答	164
第四节 MP-225 微操纵器系统	167
一、简介	167
二、ROE 功能设置	168
三、机械臂左右手的更换	170
第五节 Model 2700 型微电极电阻/电容测量仪	171
一、简介	171
二、面板功能	171
三、操作方法	172
四、仪器配置	173
第六节 Hum Bug 交流噪声清除器	174
一、简介	174
二、前面板功能	174
三、仪器连线	176
第七节 TC-324/344 温度控制仪	177
一、简介	177
二、前后面板	177
三、仪器连线	179
四、操作方法	181
第八节 BLM 平面脂双层记录系统	181

一、平面脂双层记录技术简介.....	181
二、BLM 平面脂双层工作站的构成	183
三、脂双层钳制放大器.....	184
四、BLM 工作站其他仪器设备	190
第九节 Series 20 系列浴槽的选择	198
一、简介.....	198
二、观察荧光影像的浴槽.....	199
三、主要用于电生理记录的浴槽.....	201

第一章 电刺激器

第一节 Master-8 程控脉冲刺激器

一、简介

Master-8 程控脉冲刺激器（图 1-1-1）为以色列 AMPI 公司产品，用于在整体脑、脑片、神经纤维和肌肉等生物实验中施加电刺激，获得诱发电位。

Master-8 为 8 导联（channel）电刺激器，其特点如下。

- 具有 8 个输出 channel。每个 channel 都有自己的时钟计时，因此可独立输出刺激；可存储 8 个设好的刺激方案（paradigm），每个方案均可使用 8 个输出 channel 中的任何 1 个或几个。
- 即使在关闭电源时，所设置的 8 个 paradigm 中的参数也被保存在仪器内存中，下次开机仍可使用。
- 可使用一些 channel 来刺激标本，而用另一些 channel 去触发其他设备（如示波器、数据采集系统等）使之与刺激同步化。
- 可通过设置，在内部（不需要外部连接）把不同的 channel 连接起来，构成不同的组合，形成简单或复杂的刺激方案。
- 几个人轮流使用 Master-8 时，可选择各自的 paradigm。
- Master-8-cp 和 Master-8-vp 型可同 Master-8 一样通过前面板对刺激参数进行设置，也可通过计算机进行设置。

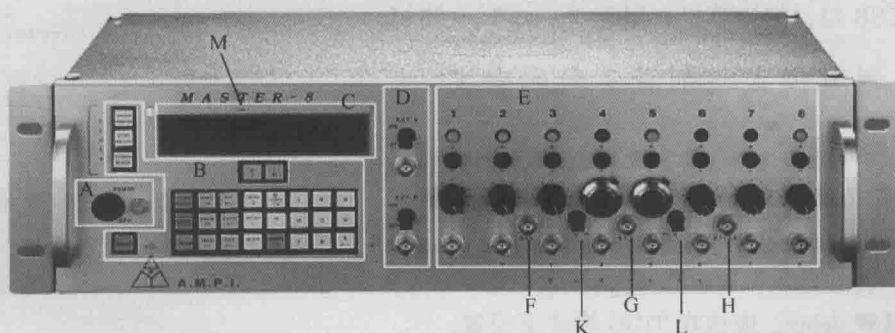


图 1-1-1 Master-8 程控脉冲刺激器

二、前后面板

(一) 前面板 (图 1-1-1)

A——电源开关及开机指示灯。

B——前面板按键。

(1) 数字 0 ~ 9。

(2) 刺激模式键: FREE (Free Run)、TRAIN、TRIG、DC、GATE、OFF。

(3) 参数键: DURA (duration)、DELAY、INTER (interval time)、M (脉冲数目/train)、“↑”“↓”。

(4) 时钟键: CLOCK-DISPLAY、STOP WATCH、CLOCK - RESET、TIMER。

(5) 命令键: CLEAR-DISPLAY、CONNECT/DISCONNECT、CHECK、ENTER、RESET。

注:

(1) 一些键具有双重功能。

(2) 按键上有标记, 如“FREE RUN”标记为“FR”。

C——数码显示屏。按任何键都在屏幕上有显示。

D——外部触发命令输入口。

外部触发命令输入口有 2 个, EXT 1 触发 channel 1、EXT 2 触发 channel 2。每部分都有 BNC 接口和 ON/OFF 开关。

E——输出部分。

从上到下依次为 channel 序号 (1 ~ 8)、LED 导联激活指示灯、输出脉冲的极性选择开关、输出幅度调节钮 (范围为 -10V 到 +10V, 最大输出电流为 20mA)、BNC 输出接口。“2+3” (F)、“4+5” (G) 和 “6+7+8” (H) 分别是 “2+3” “4+5” 和 “6+7+8” 的输出总和。这些输出口可用于多水平的脉冲输出 (如双向脉冲)。开关 K 和 L 使 “2+3” 的输出和 (或) “6+7+8” 的输出加到 “4+5” 的输出中, 使 “4+5” 的输出达到 7 个脉冲水平 (7 + GND 水平)。

(二) 后面板

(1) 机壳地开关, 用于降低系统噪声。

(2) USB 口, 接计算机, 用于 Master-8-cp 和 Master-8-vp。

三、刺激模式与刺激参数的含义

(一) 刺激模式

每个 channel 都有表 1-1-1 中的 5 种刺激模式, 计时器 (TIMER) 可在一个固定的时间内改变某一 channel 的刺激模式。

注意: 表中显示, TRAIN 模式没有参数 delay, channel 接到触发命令后立即输出串脉冲。若要设置 delay, 应该在 TRIG 模式下设置。

表 1-1-1 刺激模式

刺激模式	说明	使用的参数
FREE RUN	根据设置的 duration 和 interval, channel 输出连续的脉冲, 不依赖于其他 channel	duration, interval
TRAIN	需触发。根据设置的 duration 和 interval, channel 输出一串刺激脉冲。每串中的脉冲数目由 M 设置	duration, interval, M
TRIG	需触发。根据设置的 delay 和 duration, channel 输出单个脉冲	delay, duration
DC	不依赖于时间, 手工开启和关闭	无
GATE	channel 1 和 channel 2 可通过 EXT1 和 EXT2 被外部触发。channel 可输出连续的脉冲, 使输出与外部设备同步	duration, interval

(二) 刺激参数的含义

- DURA (duration): 脉冲的宽度。
- DELAY (delay): 从触发开始到脉冲输出之间的时间。
- INTER (interval): 从一个脉冲开始到下一个脉冲开始之间的时间 (interval = 1/rate)。
- M: TRAIN 模式下, 每个 train 中脉冲的数目。

上述参数含义见图 1-1-2。图 1-1-3 的例子显示了 Master-8 是如何工作的, 解释见表 1-1-2。

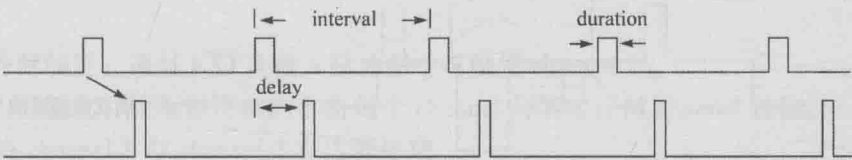


图 1-1-2 刺激参数的含义

下面的脉冲被上面的脉冲所触发 (引自 Master-8 Operation Manual. AMPI, 2008.)

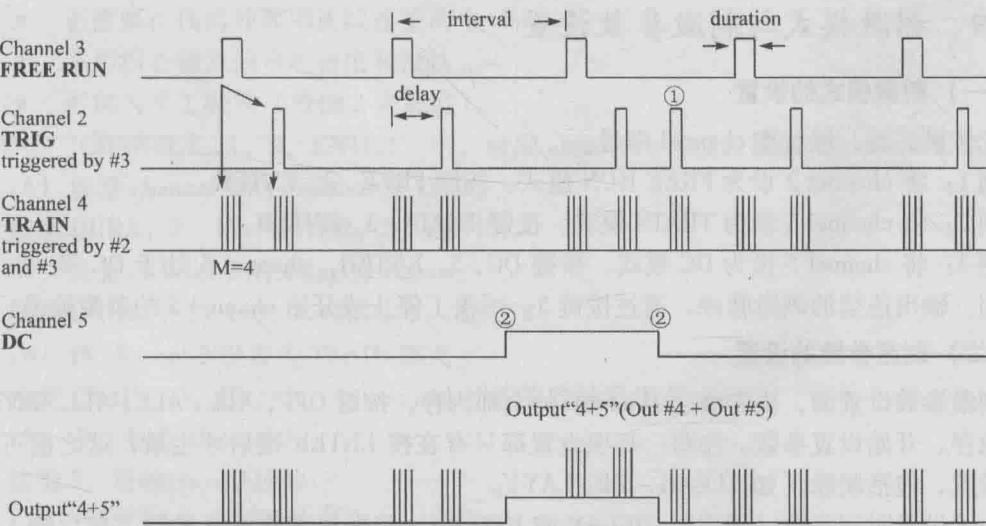


图 1-1-3 举例说明各种输出刺激脉冲的刺激模式与刺激参数

(引自 Master-8 Operation Manual. AMPI, 2008.)

注：图 1-1-3 中，①所显示的脉冲为外部或手动按键触发的脉冲；②所显示的脉冲为手动按键 5 触发的脉冲，第一次按键 5 触发脉冲的开始，再次按键 5 触发脉冲的结束。

表 1-1-2 图 1-1-4 中各种刺激脉冲的刺激模式与所使用的刺激参数

导联 (channel #)	刺激模式 (mode)	用到的参数	触发源
3	FREE RUN	duration, interval	无
2	TRIG	duration, delay	channel 3
4	TRAIN	duration, interval, M	channel 2 和 channel 3
5	DC	无	无
4 + 5	TRAIN + DC	duration, interval, M	channel 2 和 channel 3

图 1-1-4 显示的是 channel 4 + 5 可以输出的几种刺激脉冲。

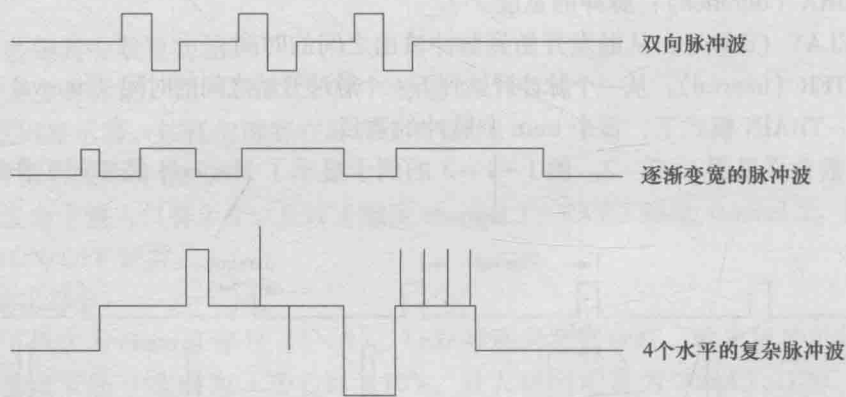


图 1-1-4 Master-8 channel 4 + 5 输出的几种刺激脉冲
(引自 Master-8 Operation Manual. AMPI, 2008.)

四、刺激模式与刺激参数设置

(一) 刺激模式的设置

先按模式键，然后按 channel 序号。

例 1：将 channel 2 设为 FREE RUN 模式。按键 FREE, 2, ENTER。

例 2：将 channel 3 设为 TRAIN 模式。按键 TRAIN, 3, ENTER。

例 3：将 channel 5 设为 DC 模式。按键 DC, 5, ENTER。channel 5 处于 DC 模式，不依赖时间，输出连续的刺激脉冲，通过按键 5，可手工停止或开始 channel 5 的刺激输出。

(二) 刺激参数的设置

刺激参数设置前，要先清空 Master-8 的全部内存。按键 OFF, ALL, ALL, ALL, ENTER，清除内存，开始设置参数。注意：每项设置都只有在按 ENTER 键后才生效，这之前可任意修改设置，包括删除（如 CLEAR - DISPLAY）。

为了设置时间参数（DURA, DELAY 或 INTER），首先要按这些参数键，然后输入想要设定的时间。

举例：要设置 channel 6 的 duration 为 52ms。

方法：按键 DURA, 6, 此时，之前设置的数值显示出来。如果之前从未对此进行设置，则显示“FFFF FF”。按键 52, ENTER, 3, ENTER（其中的数字 3 指毫秒），或者 0.052, ENTER。

下面列举一系列步骤，讲解一些参数的设置。

(1) 将 channel 1 设置为 FREE RUN 模式。

按键 FREE, 1, ENTER。此时，channel 1 开始输出连续的脉冲。因尚未设置时间参数，channel 按照默认值（0.1s duration 和 0.2s interval）输出刺激脉冲。

(2) 将 duration 设为 9.5ms。

按键 DURA, 1, 屏幕显示“FFFF FF”。按键 9.5, ENTER, 3, ENTER, 3 表示毫秒（注：0 表示秒，6 表示微秒）。此时，channel 1 的 duration 为 9.5ms。

(3) 设置 interval 为 2s。

按键 INTER, 1, 2, ENTER, 0, ENTER。此时，channel 1 的设置为 FREE RUN 模式、duration 为 9.5ms、interval 为 2s。

(4) 将 channel 2 设置为 TRIGGER 模式。

按键 TRIG, 2, ENTER，此时，因没有触发命令，故没有刺激输出，channel 处于等待状态。有以下 3 种触发方式。

- 手工触发：按键 2（channel 2 的意思），每按键 1 次，触发就发生 1 次，刺激就输出 1 次。

- 外部触发：通过 EXT 2 输入脉冲命令可触发 channel 2。

- 内部触发：使用者可在内部将每个 channel 与其他任何 channel 连接。

(5) 将 channel 1 与 channel 2 在内部连接。

按键 CONNECT, 1, 2, ENTER，则将两个 channel 连接在一起了，channel 1 的输出将作为触发信号源触发 channel 2。

注：

- 不需要在仪器外部用连线连接两个 channel。

- 不用担心触发信号的幅度和极性。

- 可加入手工触发（按键 2 来触发）。

- “CONNECT, 1, 2, ENTER”中，触发 channel 1 在前，被触发 channel 2 在后。

(6) 设置 channel 2 的 duration 为 15ms。

按键 DURA, 2, 15, ENTER, 3, ENTER。

(7) 设置 channel 2 的 delay 为 100ms。

按键 DELAY, 2, 100, ENTER, 3, ENTER。

(8) 将 channel 3 设置为 TRAIN 模式。

按键 TRAIN, 3, ENTER，该 channel 处于等待触发状态。

(9) 手工触发 channel 3。

按键 3，可输出一串脉冲。

(10) 设置 train 中脉冲数目为 5。

按键 M, 3, 5, ENTER, 0, ENTER，按键 3，可触发输出一串 5 个脉冲。

(11) 用 channel 1 触发 channel 3。

按键 CONNECT, 1, 3, ENTER, 此时, channel 1 可触发 channels 2 [见步骤 (5)] 和 3。

注: 位于显示屏上方的“→”箭头符号 (图 1-1-1 中的 M), 其功能是显示 channel 连接的方向。

(12) 按键 ALL。

到此为止, 如果使用者设置完成了 8 个 channel 的参数, 此时, 按键 ALL, 可将当前编辑的所有 8 个 channel 的参数设置 (即 paradigm) 的名称 (现在为 paradigm 1) 显示出来, 要切换为 paradigm 名称为 5 的设置, 只需按键 5, ENTER 即可。由于这一案例中对 paradigm 5 没有编辑, 因此所有的 channel 都处于关闭状态, 所有的连接都不存在, 所有的时间参数都是默认值。

(13) 将 8 个 channel 都设置为 FREE RUN 模式。

按键 FREE, 1, ENTER; FREE, 2, ENTER; 一直到 FREE, 8, ENTER。这样, 每个 channel 都按照各自的频率连续输出刺激。

(14) 切换回原来的 paradigm。

按键 ALL, 1, ENTER, 回到先前的 paradigm 1。

按键 ALL, 5, ENTER, 切换到 paradigm 5。

(15) 关闭电源。

即使关闭电源, 所有 8 个 paradigm 的设置都将保存下来。

(16) 打开电源。

仪器立即开始按照最后一个 paradigm 开始工作, 直到关闭电源。

(17) 切换到 paradigm 1。

按键 ALL, 1, ENTER。该 paradigm 也被保存在内存中, 不受关机影响。

(18) 在设置自己的参数前, 请先清空上述设置。

按键 OFF, ALL, ALL, ALL, ENTER, 清除所有设置。

(三) 如何使用“↑”键和“↓”键

举例: 按键 DURA, 6, 按住“↑”键或“↓”键增加或降低 channel 6 的 duration, 松开该键, 则设置完成。按键 CLEAR-DISPLAY 可清除显示。

(四) 设置参数“M” (串刺激中的脉冲数目)

举例: 为 channel 8 设置 $M = 80 \text{ pulses/train}$ 。

方法: 按键 M, 8, 先前设置的数值显示出来。按键 80, ENTER, 0, ENTER。M 参数只能为整数; 0 表示指数, 只有当 $M > 9999$ 时才为 1。

(五) 参数与出错信息

见表 1-1-3。

表 1-1-3 参数与出错信息

参数	最小值	最大值	参数不合理时的错误提示 (x 为 channel 序号)
M	1	59900	Mx Err
DURATION	40 μ s	3999s	Dx Err
	100 μ s	3999s	Lx Err
DELAY	delay > duration/10000		Lx Err
INTERVAL	60 μ s	3999s	Ix Err
常规模式	interval > duration + 9 μ s		Rx Err (Rate err)
TRAIN 模式	interval > duration + 59 μ s		Tx Err (Train err)
内部触发其他 channel	interval > 500 μ s		Cx Err (Connect err)

举例：“R7 Err”表示 channel 7 出现“Rate error”，该 channel 在 FREE RUN、GATE 或 TRAIN 模式下运行时，interval 数值比 duration 的小，或者至少小于 DURATION + 9 μ s。解决的方法：增加 interval 数值，或者降低 duration 数值，或者改变模式为 TRIG、DC 或 OFF。

五、触发

有三种触发方式：手工触发、内部 channel 连接触发、外部输入到 EXT1 和 EXT2 触发。

(一) 手工触发

1. 关闭开启的其他 channel

例如，要关闭 channel 2，按键 OFF，2，ENTER；要关闭所有 channel，按键 OFF，ALL，ENTER。

2. 开启欲开启的 channel

例如，当 channel 3 在 TRAIN 模式时，先按键 TRAIN，3，ENTER，再按键 3，将输出 channel 3 的一串脉冲。

当 channel 不在上述刺激模式下运行时，或者 channel 已经接受了触发但尚未完成脉冲输出时，按键 channel 序号将不影响该 channel（只是起到清屏的作用）。

(二) 设置内部 channel 连接

在 TRAIN 或者 TRIG 模式，使用者可以通过其他 channel 内触发当前的 channel。每个 channel 都有一个内部的输入和输出。通过插入正确的指令，可以将内部的输入连接到内部的输出。

例 1：连接 channel 2 的输出到 channel 3 的输入。按键 CONNECT，2，3，ENTER。前面板显示屏上面的箭头显示连接方向。例如，2，3 表示 channel 2 触发 channel 3。每个 channel 可同时触发多个其他 channel，其极性不影响触发。

例 2：为切断已经存在的 channel 2 和 channel 3 的联系，按键 CONNECT，CONNECT，2，3，ENTER。可以切断 channel 之间所有存在的连接。

例 3：切断从 channel 5 输出的所有连接，按键 CONNECT，CONNECT，5，ALL，ENTER。

例 4：切断输入给 channel 5 的所有连接，按键 CONNECT，CONNECT，ALL，5，

ENTER。

例5：切断所有 channel 之间的连接，按键 CONNECT, CONNECT, ALL, ALL, ENTER。

(三) 外部输入

在 TRAIN、TRIG 或 GATE 模式，channel 1 和 channel 2 可被外部触发或门控。EXT 1 只触发 channel 1、EXT 2 只触发 channel 2。但 channel 1 和 channels 2 可通过内部再触发其他 channel。

外部触发信号强度必须在 5 ~ 10V。

通过 Master-8-cp 与计算机之间的 USB 连接，计算机可直接“手工”触发每个 channel。

六、处理 paradigm

一个 paradigm 包含刺激模式、刺激脉冲的所有参数以及内部连接。Master-8 可储存 8 个不同程序化的 paradigm。

(一) 切换

举例：切换成 paradigm 7。按键 ALL，此时显示出当前 paradigm 的序号。然后按键 7，ENTER。当前的 paradigm 会自动保存。切换时，不影响时钟、秒表和计时器。

(二) 备份

当要备份 paradigm 或将原有的 paradigm 修改成新的 paradigm 时，可对 paradigm 进行拷贝。拷贝方法：如拷贝 paradigm 2 到 paradigm 6，按键 ALL, 2, 6, ENTER 即可。

(三) 清除

(1) 按键 OFF, ALL, ENTER，可关闭所有 channel。

(2) 按键 CONNECT, CONNECT, ALL, ALL, ENTER，则切断当前 paradigm 的所有内部连接。

(3) 按键 OFF, ALL, ALL, ENTER，将清除当前 paradigm 的所有内容，此时，所有 channel 都将关闭，内部所有连接被切断，所有参数变为初始值“FFFF F”。清除当前的 paradigm 并不影响其他的 paradigm、时钟、秒表、计时器。

(4) 按键 OFF, ALL, ALL, ALL, ENTER，清除所有 8 个 paradigm。

七、设置的检查

(1) 检查所有 channel 的刺激模式：按键 CHECK, ENTER，显示出所有未关闭 channel 的刺激模式，以及当前 paradigm 的序号。

(2) 检查某一 channel（如 2）的刺激模式和参数（DURATION, DELAY, INTERVAL 和 M）：按键 CHECK, 2, ENTER。此时，可以分别查看每个参数，并可修改。

(3) 检查内部连接。

例1：检查 channel 4 输出触发给哪些 channel，按键 CHECK, 4, CONNECT, ENTER。若 channel 4 没有内部连接，则将清屏。

例2：检查哪些 channel 输出触发给了 channel 7，按键 CHECK, CONNECT, 7, ENTER。

例3：检查所有内部连接，按键 CHECK, CONNECT, CONNECT, ENTER 或 CHECK, CONNECT, ENTER。