

ECC-1C 嵌入式液体透镜控制器

ECC-1C 控制器可直接从相机或嵌入式系统控制液体透镜，为快速集成提供紧凑且便捷的解决方案。



主要特性:

- 可直接连接相机和嵌入式系统
- 电流控制范围: -300 至 +300 mA, 步进 80 μ A
- 通信接口:
 - UART 与 I2C (自动检测)
 - 模拟输入 (0-10 V)
 - GPIO 触发
- 可读取校准数据与温度, 用于补偿 (“焦距模式”)
- 提供Cockpit 图形用户界面, 通过 UART 控制, 支持 USB 转 UART 线缆
- 提供 Python 与 C# 软件开发包 (SDK)
- 符合 RoHS、REACH 和 CE 合规性声明

机械规格

尺寸 (L x W x H)	27 x 20 x 5	mm
重量	5	g
连接器	Hirose HR10G-7R-6SB(7	
USB 延长线最大长度 ¹	5	m
镜头线缆最大长度 (USB to UART) ²	1	m

电气规格

电压范围	5 V 或 9-24 V ($\pm 5\%$ 容差) 两个输入电压范围 (中间无工作区)	VDC
绝对最大供电电压	26	VDC
额定控制电流 ³	-300 to 300	mA
电流步进	80	μ A
电流重复性	± 1	mA
最大功耗 (5 V / 9-24 V)	1.5 / 2.5	W
模拟电压输入范围	0-10	V
模拟输入绝对最大电压	11	V
模拟输入分辨率	12	Bits
模拟输入阻抗	>7	K Ω
数字接口	GPIO, UART, I2C	
数字信号逻辑电平	3.3	V
简单模式命令延迟 ⁴	310	μ s
I2C 命令延迟 ⁵	max. 100	μ s

¹ 实验室条件下测试的最大电缆长度, 实际性能可能受电磁环境影响。使用主动 USB 电缆可以实现更长长度。

² 实验室条件下测试的最大电缆长度。最大长度可能受电磁环境影响。更长的电缆可能需要降低波特率。

³ 输入电压和热限制适用, 参见图 4、5、6 和 7。

⁴ 使用 UART 简单模式命令时, 从命令在 RX 线结束到输出变化的平均延迟。在终端应用中, 整个配置时间通常取决于命令长度、通信速率及模式、基础设施、控制主机、操作系统、编程语言等。该延迟变化同样适用于协议模式命令。

⁵ 类似定义的延迟, 但使用 I2C 通信总线。也对应 GPIO 输入触发在上升沿和下降沿的延迟。

热学规格

工作温度	0 to 65 °C
存储温度	-40 to 85 °C

订购信息

ECC-1C 可作为 EL-16-40 镜头或 ELM（电动镜头模块）的一部分订购，也可单独订购。目前提供两种电缆选项。

零件编号	描述
150-347-00	配备 ECC-1C 的 Hirose 适配器套件
150-349-00	USB 转 UART 电缆, Hirose 接头, 1 米
152-219-00	CAB-6-100-M-OE (Hirose 到裸线电缆, 1 米)
149-740-01	EL-16-40-TC-VIS-5D-C-E (典型 EL-16-40 镜头, 集成 ECC-1C)

机械结构布局

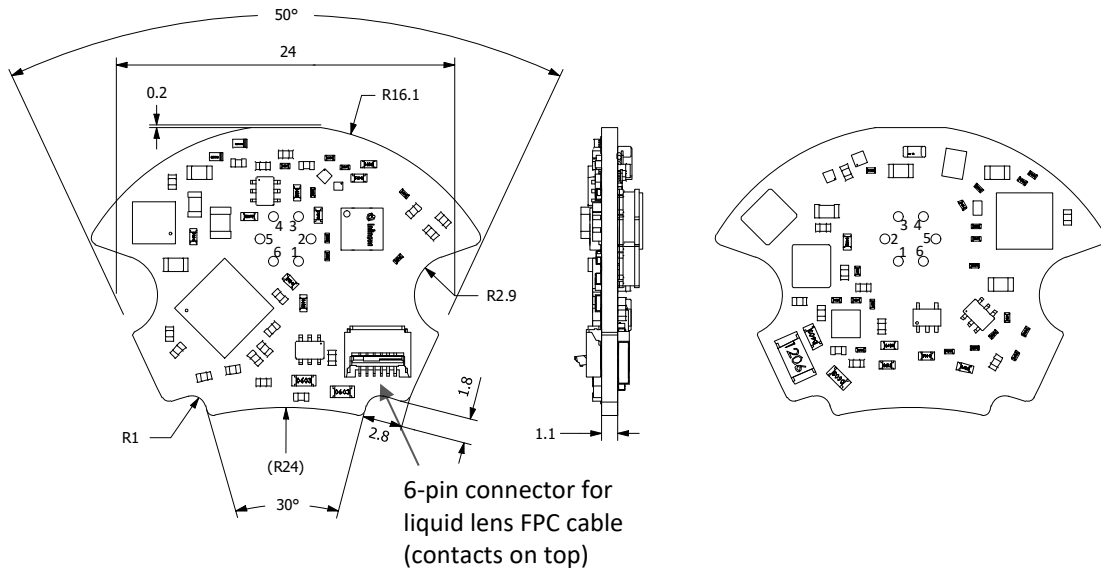


图 1: ECC-1C PCB 机械图

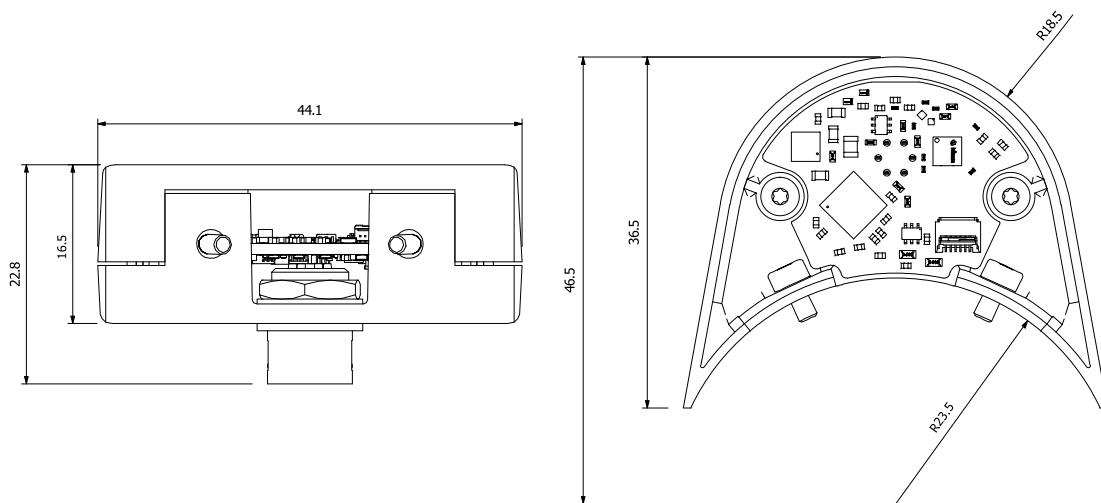


图 2: ECC-1C 适配器机械图

电气连接

ECC-1C 的电气连接由一个安装在热塑性控制器外壳上的 Hirose 母插座（型号 HR10G-7R-6SB）组成。



图 3: ECC-1C 电气连接示意图 (带母型 Hirose 连接器)

6 针柔性排线连接器用于镜头与 ECC-1C 控制器之间的连接。控制器负责镜头线圈的电流控制，同时通过内部 I2C 总线与镜头的 EEPROM 通信，并读取温度传感器数据。连接时，镜头柔性排线的针脚必须朝上。

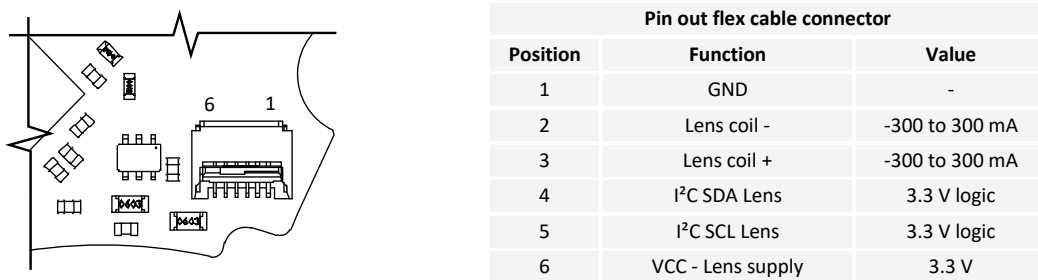


图 4: 柔性排线连接器的电气连接示意图

接口选项

ECC-1C 最适合通过数字接口 UART 或 I2C 进行控制，控制器会自动检测所使用的通信协议。两种协议均支持基于寄存器的 Pro 模式命令结构；其中 UART 协议还提供基于 ASCII 文本命令的简单模式。此外，还可以预先配置查找表，实现 0-10 V 的模拟控制，或基于向量的波形控制，通过 GPIO 引脚触发。

可用驱动电流随温度变化

ECC-1C 提供的保证驱动电流取决于镜头类型、电源电压及环境温度，其详细关系见下图（图 5、6、7 和 8）。

EL-16-40 — 温度 (T)、输入电压 (Vin) 与输出电流 (Iout) 的安全工作区

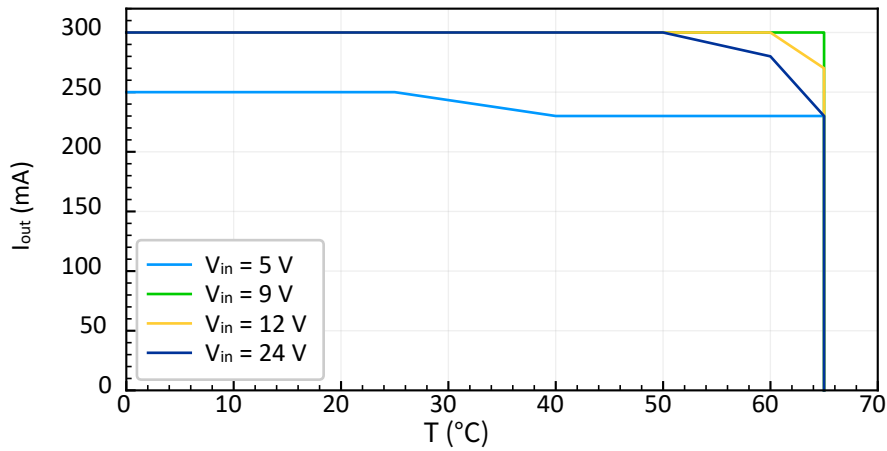


图 5: ECC-1C 可为 EL-16-40 透镜提供的保证驱动电流。

EL-12-30 — 温度 (T)、输入电压 (Vin) 与输出电流 (Iout) 的安全工作区

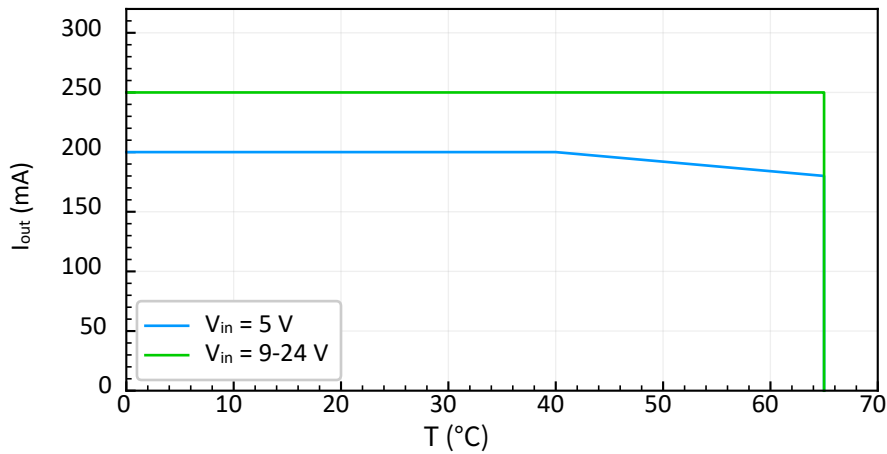


图 6: ECC-1C 可为 EL-12-30 透镜提供的保证驱动电流。

EL-10-30 — 温度 (T)、输入电压 (Vin) 与输出电流 (Iout) 的安全工作区

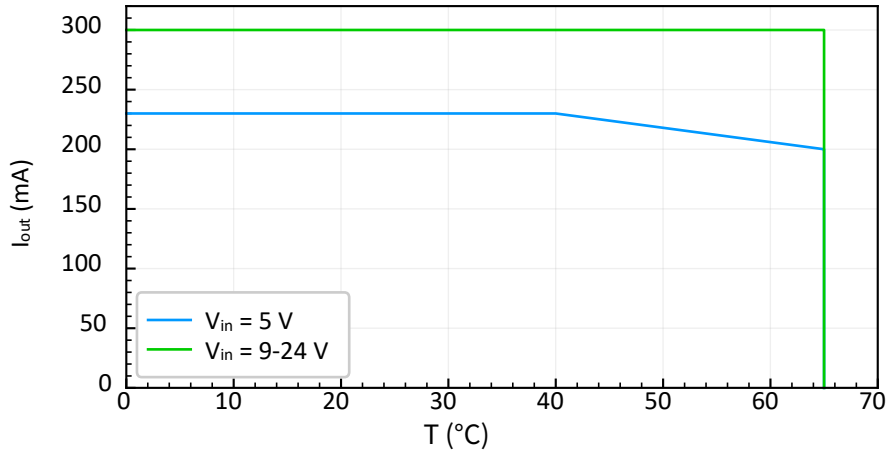


图 7: ECC-1C 可为 EL-10-30 透镜提供的保证驱动电流。

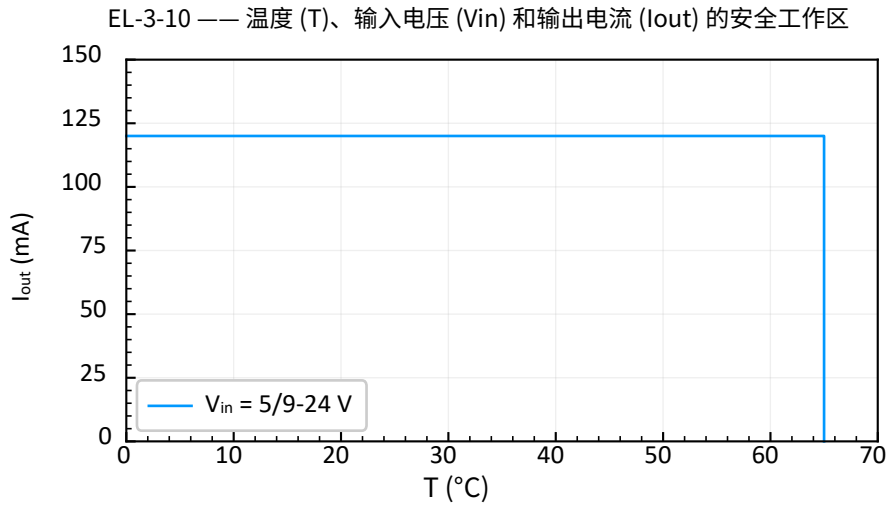
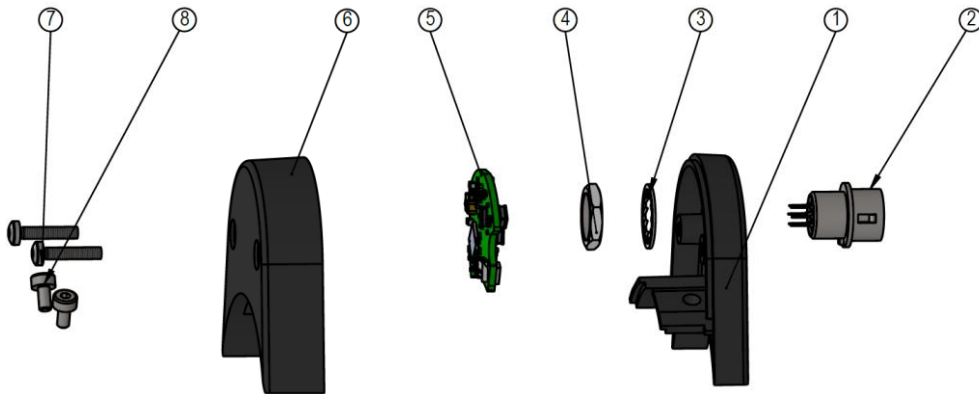


图 8: ECC-1C 可为 EL-3-10 透镜提供的保证驱动电流。

ECC-1C 适配器套件 (P/N 150-347-00)

该适配器套件用于将 ECC-1C 控制器添加到 EL-16-40 螺纹透镜及多种电动透镜模块 (ELM) 中。套件包括以下组件:



Position	Quantity	Part number	Description
1	1	134-606-00	Housing bottom
2	1	132-281-01	HR10G-7R-6SB(73) connector
3	1	132-281-02	HR10G-7R-6P washer
4	1	132-281-03	HR10G-7R-6P nut
5	1	146-399-00	ECC-1C PCBA
6	1	134-607-00	Housing top
7	2	134-658-00	Screw, K20x10 BN20138
8	2	134-657-00	Screw, M2x4, DIN912 BN610

(项目 1-5 为预组装提供, 其余物品装在塑料拉链袋中)

线缆配件

我们为 ECC-1C 提供两种线缆选项：

1. 150-349-00: USB 转 UART 线缆，带 Hirose 连接器，长度 1 米。内置 USB Type-A UART 转换器（Silicon Labs CP2102，可手动安装驱动程序）。
2. 152-219-00: CAB-6-100-M-OE——Hirose 至开端导线线缆，长度 1 米（见图 8）。

Pin	Cable Color	Function
1	Black/thin	GPIO trigger
2	Red/thin	Analog In
3	Grey/thin	Tx/SCL
4	Green/thin	Rx/SDA
5	Blue/thick	GND
6	Brown/thick	VCC

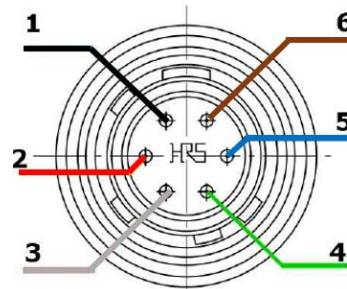


图 9: Hirose 至开端导线线缆的引脚定义及颜色编码。

简单模式通信

简单模式通信基于 RS-232 串行通信接口，可通过串口终端（如 Termit、Putty）与设备通信。波特率可任意设置，奇偶校验为 N，停止位为 1，数据位为 8。设备支持波特率自动检测功能，可在运行中适应波特率变化。若需正确设置新的波特率，应使用 “start” 命令。该模式使用一组 ASCII 字符命令及响应与 ECC-1C 交互，命令与回复以 CR、LF（即 0x0D、0x0A）字符序列结束。协议不区分大小写，空格会被忽略。

Simple mode command	Description
START[CR][LF]	Answers “OK” if controller is ready to use and device is detected. Otherwise “ERROR” is received.
STATUS[CR][LF]	Controller answers with status encoded within 4 Bytes information. Example: “0x00015000[CR][LF]”. See next section for further description of the status bytes.
ACKNOWLEDGE[CR][LF]	Clears history error flags in the status register. Answers “OK”.
RESET[CR][LF]	Restarts controller’s firmware. Note: no answer is sent via serial line
GOTODFU[CR][LF]	Starts controller’s loader for firmware update. Note: no answer is sent via serial line
GOPRO[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is not checked.
GOPROCRC[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is checked.
GETID[CR][LF]	Answers with firmware serial number. Example: “14352500-00-A[CR][LF]”.
GETVERSION[CR][LF]	Answers with firmware version number. Example: “1.0.740706[CR][LF]”.
GETGITSHA1	Answers with 40 bytes hexadecimal GIT build identification. Example : “eb8115e6b04814f0c37146bbe3dbc35f3e8992e0[CR][LF]”
GETSN[CR][LF]	Answers with board and device serial number. Example: “Board: CDAA0057, Device: ANAA1234[CR][LF]”.
DETECTDEVICE[CR][LF]	Runs autodetection of device on active channel, answers with device name. Example: “EL-16-40-TC[CR][LF]”.
GETDEVICESN[CR][LF]	Answers with serial number of a device connected. Example: “Device: ANAA1234[CR][LF]”
SETCURRENT=%float[CR][LF]	Sets current value. Command supports decimal parameter value in mA units. Current value is limited either by power capabilities of ECC-1C controller itself or connected device.
GETCURRENT[CR][LF]	Answers with value of active current. Returned value is decimal number in units of milliamperes, Example: “15.6[CR][LF]”
SETFP=%float[CR][LF]	Sets focal power. Supports float value in units of diopters limited to detected lens device capability.

GETFP[CR][LF]	Answers with focal power. Returned value is a float in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETFPMIN[CR][LF]	Answers with focal power lower limit of lens device connected. Returned focal power is decimal value in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETFPMAX[CR][LF]	Answers with focal power upper limit of lens device connected. Returned focal power is a decimal value in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETTEMP[CR][LF]	Answers with actual temperature of device connected. Returned temperature is a decimal value in units of degree Celsius. Example : "27.54[CR][LF]".
SETTEMPLIM=%f[CR][LF]	Sets operational temperature limit in degree Celsius.

Simple mode reply	Description
OK[CR][LF]	Command accepted and performed without limits.
NO[CR][LF]	Command not accepted, for any reason.
OL[CR][LF]	Command not accepted, because parameter reached lower limit.
OU[CR][LF]	Command not accepted, because parameter reached upper limit.
ERROR[CR][LF]	Command not available.

通过模拟输入控制

ECC-1C 可通过专用的 0-10 V 模拟输入进行控制。ADC 的分辨率为 12 位。模拟输入信号可以映射到所连接镜头的电流或焦距（如适用）。支持线性和非线性映射方式。

有关模拟映射的具体设置方法，请参考Cockpit 软件手册。

带输出或输入触发的波形

ECC-1C 内置信号发生器，可配置为多种类型的波形：

- 正弦波
- 矩形波
- 三角波
- 锯齿波
- 脉冲波
- 阶梯波
- 任意自定义向量

默认情况下，控制器会在 GPIO 引脚输出触发信号。所选波形在 0° 相位时，触发信号为高电平（3.3 V，最大 5 mA）；在周期中点时为低电平。对于脉冲模式，该信号反映占比。

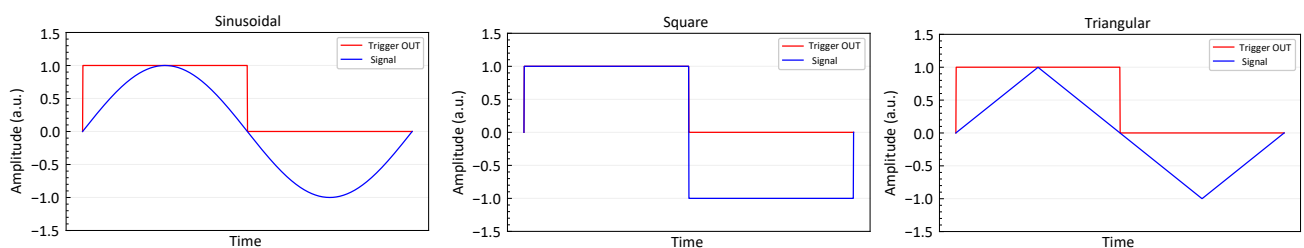


图 10: 不同波形与其对应触发输出 (Trigger OUT) 信号叠加示意。

信号发生器也可以与外部输入触发信号同步。当输入触发信号变为高电平（最大 3.3V）时，所选波形从相位 0° 开始输出。

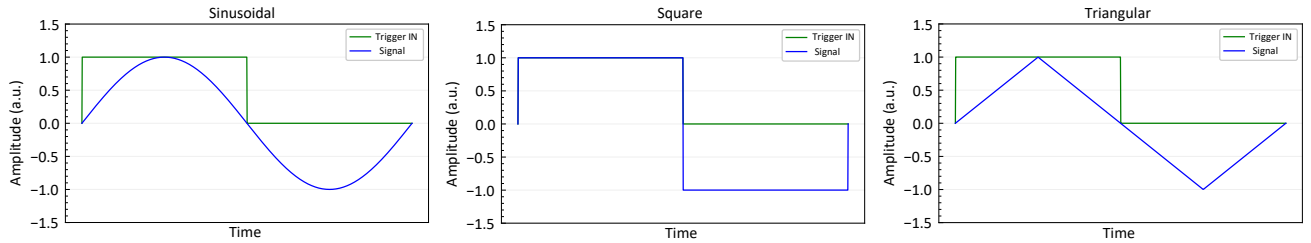


图 11: 不同波形与示例触发输入 (Trigger IN) 信号叠加示意图。

安全与合规

本产品符合 RoHS、REACH 及 CE 合规标准。客户需自行确保在系统集成和操作过程中遵守所有相关的安全法规。

可提供的支持文档（可按需获取）：

- 固件文档及 I2C/UART 通信协议
- ECC-1C 从设备 I2C 通信协议
- ECC-1C 适配器套件安装指南

ICC-1C 工业电流控制器 – 单通道

主要特性:

- 工业级电流控制器，配备坚固外壳及 DIN 导轨适配器
- 单通道输出，用于驱动 Optotune 可调谐透镜（电流高达 ± 500 mA）
- 全温度范围内高稳定性输出电流
- 通信及其他接口
 - USB、I2C、UART、带 PoE+ 功能的以太网
 - 模拟输入 (0 - 10 V)
 - 触发输入/输出信号
 - 两个状态指示 LED (红/绿/橙)
- 电源选项:
 - 圆形插头
 - PoE (RJ-45 接口)
 - USB-C 电源传输
- 图形用户界面 Cockpit，通过 USB、UART 或以太网控制
- 提供 Python 与 C# 软件开发工具包 (SDK)
- 符合 RoHS、REACH 及 CE 认证标准



机械规格

尺寸 (L x W x H)	64 x 105 x 28.7	mm
重量	240	g
USB 接口	USB-C	-
最大 USB 电缆长度 ²	2	m
最大透镜电缆长度 (Hirose) ³	5	m
接受的直流圆形插头	2.1 I.D. x 5.5 O.D. x 10.0	mm
输出接口	Hirose HR10G-7R-6SB(7	
辅助输出接口	标准矩形排针, 2.54 mm 间距	10 pins
I/O 接口	标准矩形排针, 2.54 mm 间距	14 pins
安装方式	T 槽, 适用于标准 M4 螺母	

热工规格

工作温度	0 to 45 (+/- 500 mA) 0 to 65 (+/-	°C
存储温度	-40 to 85	°C

电气规格

典型供电电压范围	5 to 48	VDC
绝对供电电压限制	4.75 to 57	VDC
PoE 规格	PoE (802.3af 或更高)	
USB-C 电源传输要求 (最小)	15	W
最大功耗	15	W

¹ Cockpit 软件支持通过 I/O 接口的 UART 控制，需要使用兼容的 CP210X USB 转 UART 桥接器。

² 最大测试 USB 电缆长度基于实验室条件，实际性能可能受电磁环境影响。使用有源 USB 电缆可延长长度。

³ 最大测试镜头电缆长度基于实验室条件，实际可用长度可能受电磁环境影响。

驱动器输出

最大输出电流		±500	mA
最小输出电流步进		65	μA
分辨率		14	bits
输出电流热稳定性		0.5	mA
前端电压 ⁴ (可配置)		6 – 15 (出厂默认值 = 12 V)	V
输出电压上限		6 – 15	V
输出级拓扑		全桥, 滤波 PWM (负载不接地)	
与透镜的数字通信		专用 I2C 总线, 最高 400 kHz	
I2C 逻辑电平 (内置上拉)		3.3	V
I2C 电源 (输出通道)		3.3	V
逻辑电源最大电流		typ. 100	mA
状态指示灯 (主控 + 输出通道)		红、绿、橙	

驱动器输入

模拟输入电平		0 – 10	V
模拟输入分辨率		16	Bits
模拟输入带宽		10	kHz
模拟输入阻抗		743	kΩ
数字输入		GPIO, I2C, UART	
数字输入逻辑电平		3.3 (NOT 5 V tolerant)	V

标准产品

ICC-1C	带 DIN 导轨适配器的 ICC-1C 控制器	
ICC-1C Controller Kit	<ul style="list-style-type: none"> • ICC-1C 控制器 • DIN 导轨适配器 • ICC-1C 扩展板 (用于 FPC 弹性电缆透镜) • AC/DC 电源 (24V/1A) • USB-A 转 USB-C 电缆 1 m 	
ICC-1C PCBA Controller	ICC-1C PCBA Controller: 仅 PCB (OEM 版本)	



图 1: ICC-1C 控制器套件

⁴ 注 4: 前端电压为输出级供电电压, 实际输出电压略低于前端电压。

机械布局

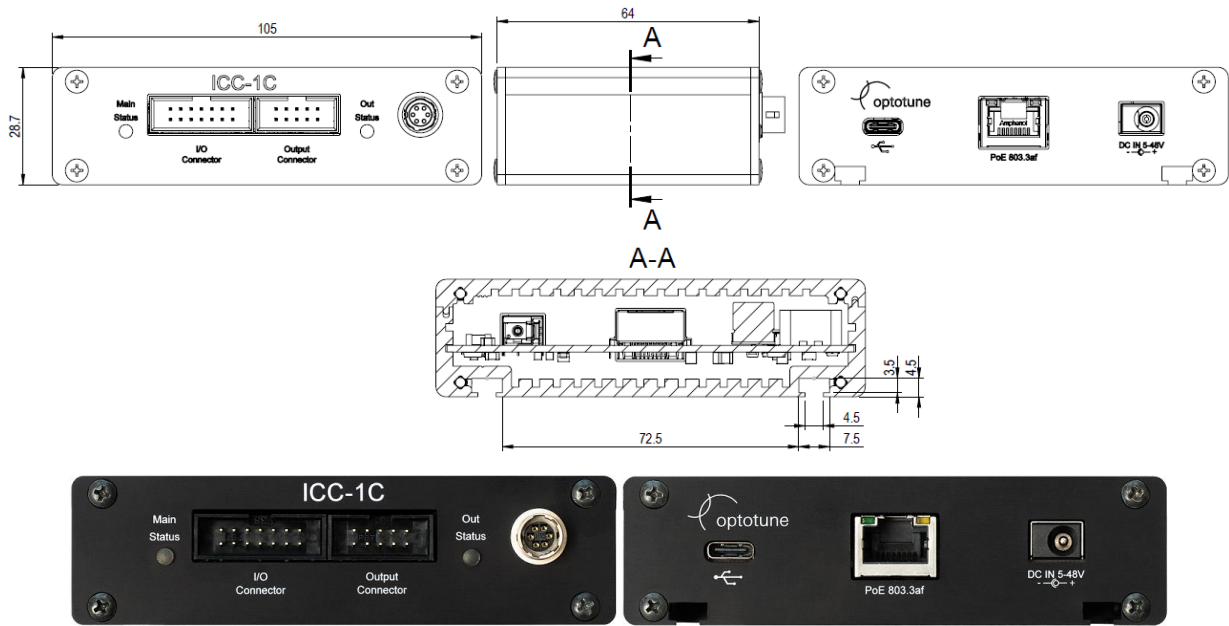


图 2: ICC-1C 的机械尺寸及前后面板概览

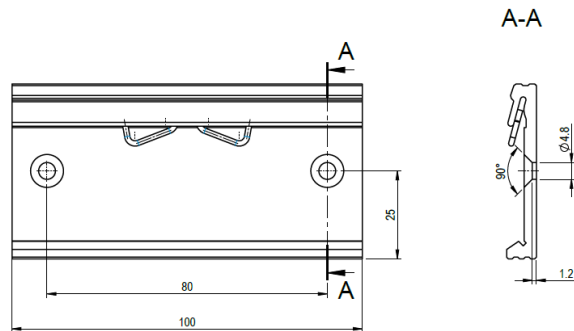


图 3: DIN 导轨适配器

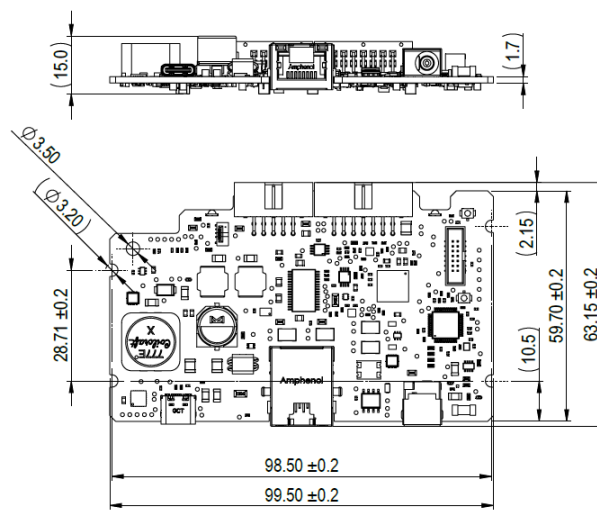
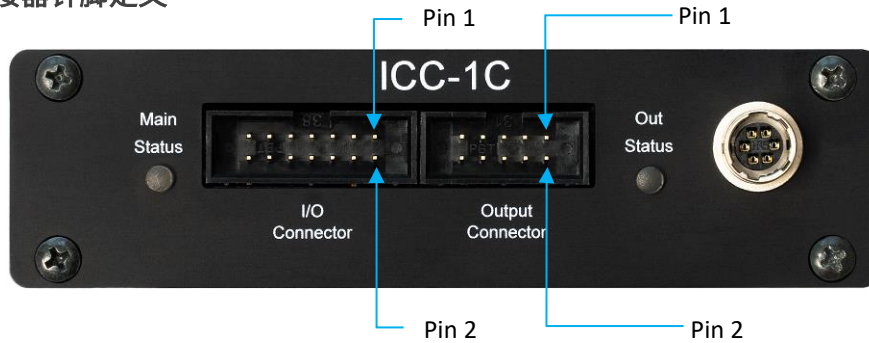


图 4: ICC-1C PCBA 控制器

输入/输出连接器引脚定义



I/O connector pinout (14-pin)		
Position	Function	Description
1	External VCC pin Enable	Enable signal for using the External power supply pin (connect to External GND to activate)
2	Analog In	Analog Input Voltage
3	Signal GND	Digital and analog ground
4	Signal GND	Digital and analog ground
5	UART TX/ I2C SCL	Serial interface transmitter line / I2C clock line ¹
6	GPIO1	General purpose digital IO #1, Trigger Input/Output ²
7	UART RX/ I2C SDA	Serial interface receiver line / I2C data line ¹
8	GPIO0	General purpose digital IO #0, Trigger Input/Output ²
9	-	Reserved
10	-	Reserved
11	-	Reserved
12	-	Reserved
13	External VCC	External power supply input (alternative to the barrel connector)
14	External GND	External power supply input - ground

¹ configurable external serial interface UART or I2C
² configurable input/output

Output connector pinout (10-pin)		
Position	Function	Description
1	NC	Not connected
2	NC	Not connected
3	VCC	3.3 V supply to the lens or the Extension Board
4	I2C SDA	I2C data line (dedicated to the lens only)
5	GND	Ground for the lens or the Extension Board
6	I2C SCL	I2C clock line (dedicated to the lens only)
7	Device Detect	Lens connected detection signal
8	nWrite CTRL	Lens EEPROM Write control signal
9	Lens (+ pole)	Lens current control – positive polarity
10	Lens (- pole)	Lens current control – negative polarity

镜头连接器针脚定义



FPC Molex connector		Hirose connector	
Pin	Function	Pin	Function
1	GND	1	Lens (+ pole)
2	Lens (- pole)	2	Lens (- pole)
3	Lens (+ pole)	3	GND
4	I2C SDA	4	VCC (3.3V)
5	I2C SCL	5	I2C SCL
6	VCC (3.3V)	6	I2C SDA

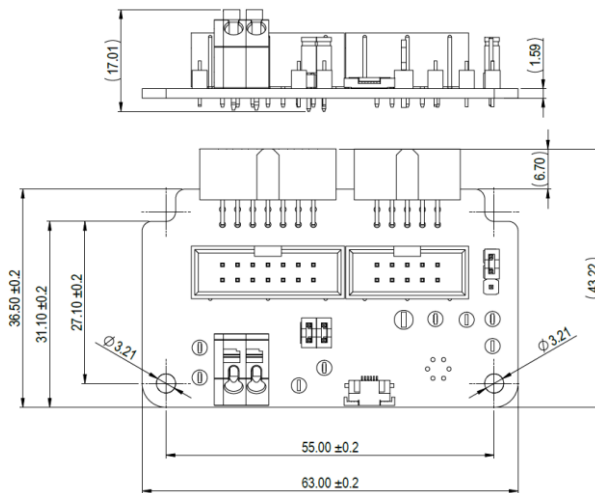


图 5: ICC-1C 扩展板

主状态与输出状态指示灯

LED	Color	Legend
Main Status	Red	Power on, no connection
	Orange ¹	Operation OK (possible error)
	Green	Operation OK
Out Status	Red	Lens error
	Green	Lens detected; operation OK

¹ mixed from red and green LEDs. Depending on the viewing angle, one color might be more dominant.

通过模拟输入控制

ICC-1C 可以通过专用的 0–10 V 模拟输入信号进行控制。ADC 分辨率为 16 位。特定的模拟输入电压可以映射为所连接镜头的特定电流或焦距（如适用）。支持线性和非线性映射两种方式。

有关如何设置模拟映射的详细信息，请参考 ICC-1C 使用手册或使用 Cockpit 软件。

触发输入与输出

ICC-1C 配备两个可配置的触发输入/输出引脚，可用于与内置信号发生器（正弦、三角、方波、锯齿波、脉冲、阶梯或快速自动对焦波形）或任意自定义矢量同步或启动。

默认情况下，触发信号配置为输出。触发信号在所选波形的 0° 相位时为高电平（3.3 V，最大 5 mA），在周期中点变为低电平。对于脉冲模式，触发信号反映占空比。

当配置为输入时，触发信号可用于启动内置信号发生器或预配置的自定义矢量。当触发输入信号为高电平（最大 3.3 V）时，所选波形从 0° 相位开始输出。

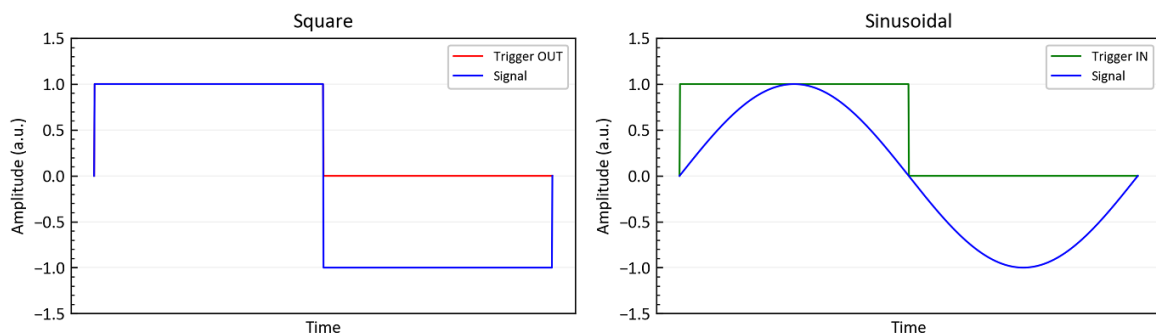


图 6：触发输出与触发输入信号示例

有关如何设置触发信号的详细信息，请参考 ICC-1C 使用手册或使用 Cockpit 软件。

接口选项

ICC-1C 提供多种与 PC 或其他主控系统通信的方式。控制器支持基于 ASCII 的简单通信，可通过串口终端（如 Termit 或 Putty，波特率自动检测，数据位：8，停止位：1，无奇偶校验）进行控制；如果选择并配置以太网通信，也可通过 Telnet 客户端使用。该通信模式提供一套简单的 ASCII 命令与响应，用于操作 ICC-1C 的基本功能。可用命令列表详见 ICC-1C 使用手册（UART 通信章节）。

要访问 ICC-1C 的高级功能，可使用 Pro（二进制）模式通信协议，该协议提供对 ICC-1C 寄存器映射的直接访问。此通信模式由 Cockpit 软件、C# 和 Python SDK 使用，也可通过专用 UART 引脚在微控制器上实现直接访问。此外，该模式还支持 I2C 接口访问。每种通信方式的详细信息及示例均可在 ICC-1C 使用手册中查阅。

热安全工作区域

ICC-1C 可在输入电压 5-48 V 范围内运行，输出电流可分别达到 0.5 A 或 0.3 A，并覆盖整个环境温度范围。这一规格足以驱动所有型号的液体透镜。

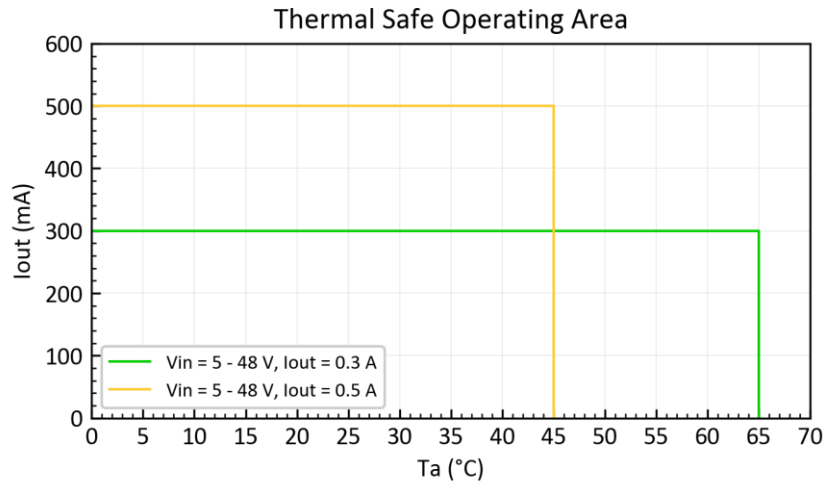


图 7: ICC-1C 安全工作区域

输出电流热稳定性

ICC-1C 在整个环境温度和输出电流范围内，提供低于 0.5 mA 的输出电流稳定性。

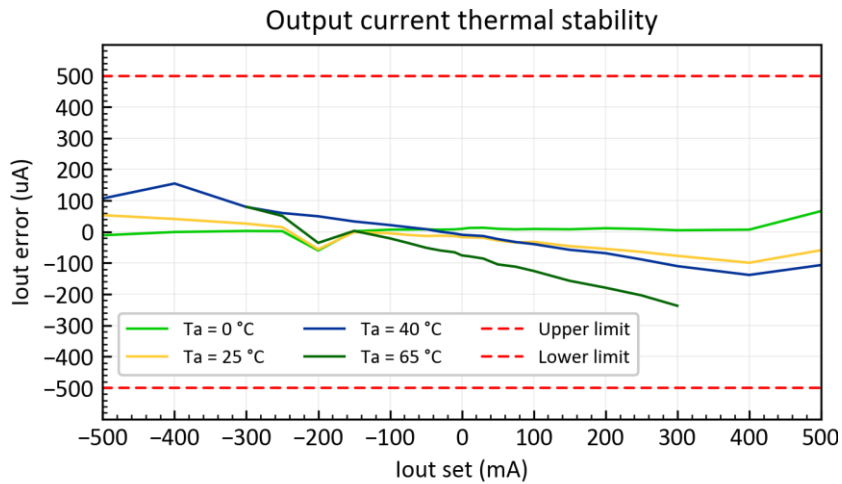


图 8: 典型输出电流热稳定性

安全性与合规性

本产品符合 RoHS、REACH 及 CE 合规标准。客户需自行负责在系统集成和使用过程中遵守所有相关安全法规。

ICC-4C-500 工业电流控制器 – 4 通道



主要特性:

- 通过 USB 或以太网使用 Cockpit 图形界面进行控制
- 可同时驱动多达 4 个 Optotune 可调液镜 (每通道输出电流最高 ± 500 mA)
- 通信接口
 - USB、UART、I2C、带 PoE+ 功能的以太网
 - 模拟输入 (0 – 10 V)
 - 触发输出
 - 触发输入
 - 5 个状态指示灯 (红/绿)
- 提供 Python 与 C# 软件开发工具包 (SDK)
- 符合 RoHS、REACH 和 CE 合规标准

机械规格

尺寸 (L x W x H)	164 x 105 x 44	mm
重量	700	g
USB 接口	Micro B, USB2.0	
最大 USB 电缆长度 ¹	5	m
最大镜头电缆长度 (Hirose) ²	10	m
接受的直流电源插头	2.1 I.D. x 5.5 O.D. x 10.0	mm
输出接口	Hirose HR10G-7R-6SB(7)	
辅助输出接口	标准矩形排针, 间距 2.54 mm	34 pins
I/O 接口	标准矩形排针, 间距 2.54 mm	20 pins
安装方式	适用于标准 M4 螺母的 T 型槽	

电气规格

电源电压范围	24 to 48	VDC
PoE 规格	PoE+ 803.3at	
最大功耗	25 (使用出厂预设)	W
	37	

热规格

工作温度	0 to 60	°C
存储温度	-40 to 85	°C

驱动输出

最大输出电流 (四通道同时)	± 500	mA
最小电流步进	65	μ A
分辨率	14	bits
前端电压 ³ (可配置)	6 – 18 (factory default = 12)	V
输出电压限制	4 – 16	V
输出级拓扑	全桥, 滤波 PWM (负载非接地)	
与镜头数字通信	每通道专用 I2C 总线, 最高 400 kHz	
I2C 逻辑电平 (含上拉)	3.3	V
I2C 电源 (每通道独立)	3.3	V

¹ 实验室条件下测试的最大电缆长度, 实际性能可能受电磁环境影响。使用主动 USB 电缆可实现更长的长度。

² 实验室条件下测试的最大电缆长度。最大电缆长度可能受电磁环境影响。

³ 前端电压为输出级供电。输出电压略低于前端电压。

逻辑电源最大电流	4 × 典型 100 mA (每通道具过流保护)	mA
状态指示灯 (主控 + 各通道)	红、绿、橙 LED	

驱动器输入

模拟输入电平 (4 通道)	0 – 10 V
模拟输入分辨率 (每通道)	16 Bits
模拟输入带宽	10 kHz
数字输入	4xGPIO, I2C, UART, SYNC_A, SYNC_B, MCU RI
数字输入逻辑电平	3.3 (NOT) 5 V tolerant V

标准产品

ICC-4C-500	ICC-4C-500 仅控制器
ICC-4C-500 Extension Kit	扩展套件包含: <ul style="list-style-type: none"> • 镜头适配板 (带 30 cm 延长线) • Micro-USB 电缆 • DIN 导轨夹具套件
ICC-4C Power Adapter	ICC-4C 电源适配器 (EU、CH、US、UK、CN 主电缆可选)

机械布局

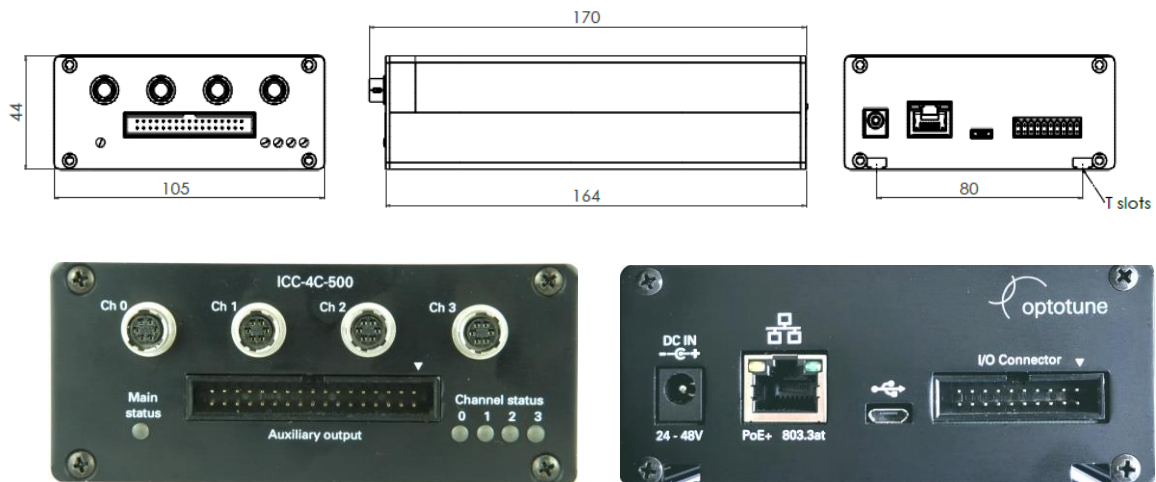


图 1: ICC-4C-500 的机械尺寸及前后面板细节。

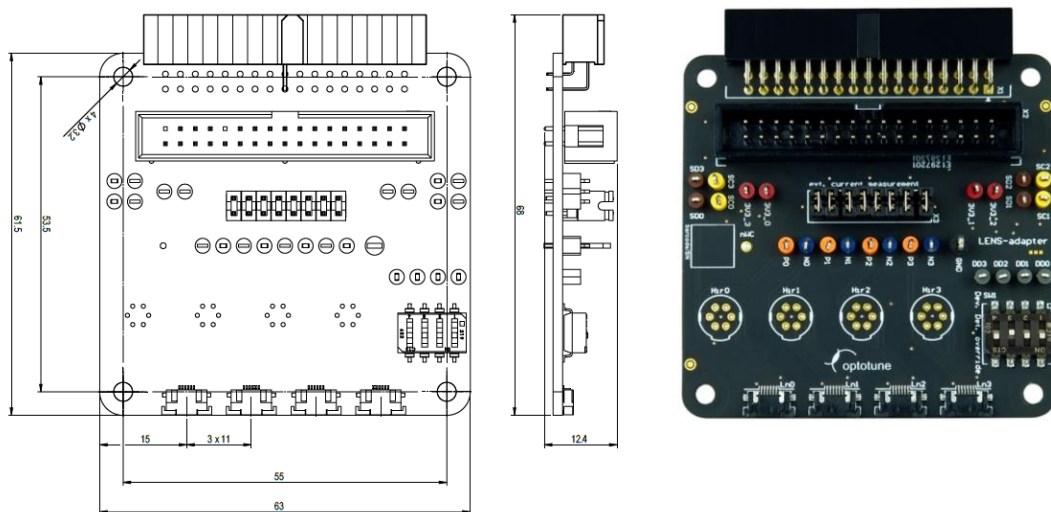


图 2: 适配器板的机械尺寸 (可选配件)。

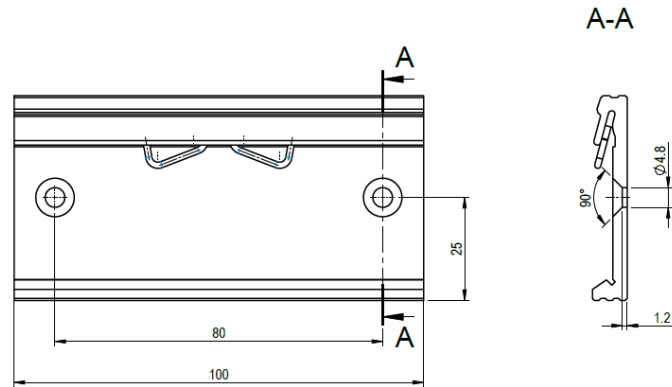


图3: DIN 导轨适配器 (可选配件)。

输入/输出连接器针脚定义

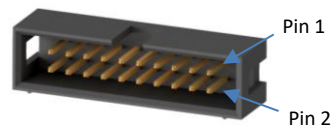


图4: 连接器⁴: Wurth Electronics header 100 mil 直角 (90°) 针座

Pin	Signal	Value	Function
1	AnalogIn2	0..10 V	Analog input signal #2
2	AnalogIn3	0..10 V	Analog input signal #3
3	AnalogIn0	0..10 V	Analog input signal #0
4	AnalogIn1	0..10 V	Analog input signal #1
5	nRESET	0..3.3V (CMOS level)	Driver reset signal (inverted level)
6	AGND	-	Analog signal ground
7	USART_EXT_TX	0..3.3V (CMOS level)	UART transmit line
8	SYNC_B	0..3.3V (CMOS level)	Synchronization input B
9	USART_EXT_RX	0..3.3V (CMOS level)	UART receive line
10	SYNC_A	0..3.3V (CMOS level)	Synchronization input A
11	GND	-	Digital ground
12	GPIO3_SPI_MOSI	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #3 or SPI MOSI signal (Trigger OUT/IN)
13	I2C_HOST_SDA	0..3.3V (CMOS level)	I2C data line from host
14	GPIO2_SPI_MISO	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #2 or SPI MISO signal (Trigger OUT/IN)
15	I2C_HOST_SCL	0..3.3V (CMOS level)	I2C clock line from host
16	GPIO1_SPI_NSS	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #1 or SPI SlaveSelect signal (Trigger OUT/IN)
17	GND	-	Digital ground
18	GPIO0_SPI_SCK	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #0 or SCK signal (Trigger OUT/IN)
19	VCC_EXT_IN ⁵	24...48 V	External DC supply voltage positive input
20	GND_EXT_IN	-	External DC supply voltage negative input

⁴ ICC-4C 的首批样品可能使用不同的连接器。如连接器与上图不符, 请联系我们。

⁵若需启用外部电源, 必须插入一个假负载圆柱插头。

镜头连接器针脚定义



FPC Molex connector		Hirose connector	
Pin	Function	Pin	Function
1	I2C GND	1	Lens (+ pole)
2	Lens (- pole)	2	Lens (- pole)
3	Lens (+ pole)	3	I2C GND
4	I2C SDA	4	I2C Vcc 3.3V
5	I2C SCL	5	I2C SCL
6	I2C Vcc 3.3V	6	I2C SDA

图 5: 镜头连接器针脚定义。

连接适配板

适配板可以直接连接到辅助输出接口（位于 Hirose 连接器下方），也可以通过专用延长线连接（见图 6）。



图 6: 适配板连接方式。

连接带工业（Hirose）接口的镜头

带工业接口（Hirose）的镜头连接非常简便。只需将电缆插入插头直至听到“咔嗒”声即可，针脚位置明确无误。Hirose 接口支持热插拔。

连接带 FPC 排线的镜头

FPC 排线可以直接插入适配板上的 Molex 连接器（见图 7）。使用镊子打开连接器夹扣，然后将排线完全插入，确保铜触点朝上。最后关闭黑色夹扣。

重要提示：请勿对适配板的 FPC 排线进行热插拔，否则可能会损坏控制器！

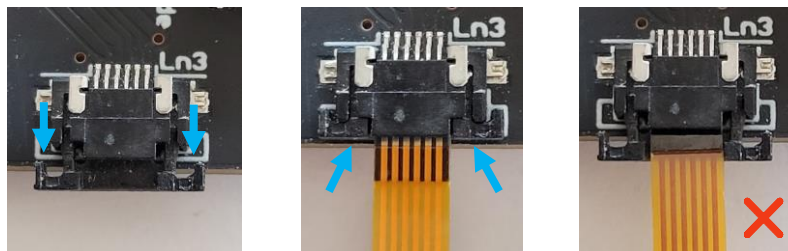


图 7: 使用 FPC 排线连接镜头的正确示例, 以及排线翻转且未完全闭合连接器的错误示例。

ICC-4C-500 主状态与通道状态指示灯

LED	Color	Legend
Main Status	Red	Power on, no connection
	Orange	Operation OK (possible error)
	Green	Operation OK
Channel Status	Red	Device error
	Green	Device detected; operation OK

输入/输出信号

输出触发信号

ICC-4C 的信号发生器通过 GPIOx 引脚 (0、1、2、3, 对应通道, 详见输入/输出连接器引脚分配) 输出触发信号。触发信号在所选波形的 0° 相位时为高电平 (3.3V, 最大 5 mA), 在周期中点时变为低电平 (图 8)。对于脉冲波形, 触发信号反映占比。

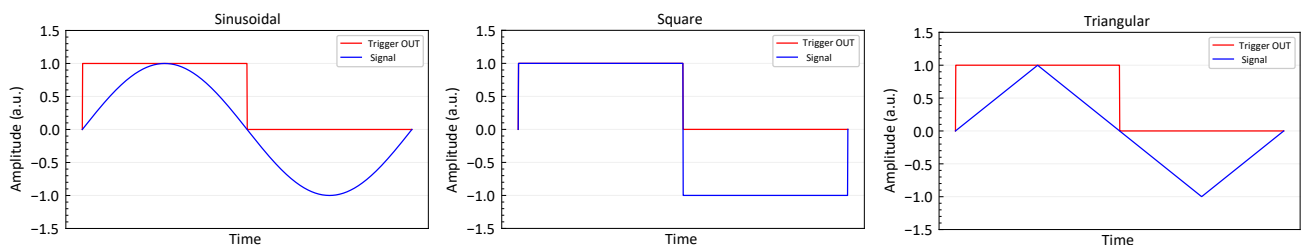


图 8: 不同波形与对应触发输出 (Trigger OUT) 信号叠加示意。

输入触发

ICC-4C 的信号发生器可与外部输入触发信号同步。当触发输入信号为高电平 (最大 3.3V) 时, 所选波形从 0° 相位开始 (见图 9)。触发输入有两种配置方式 (详见输入/输出连接器引脚分配):

- SYNC_A 引脚: 该引脚的输入信号可同时同步所有通道。
- GPIOx 引脚: 默认情况下, GPIOx 引脚被配置为触发输出 (参见前述说明)。GPIOx 可重新配置为单通道触发输入 (通道 0、1、2、3)。在此情况下, GPIOx 的触发输入功能优先, SYNC_A 上的信号将被忽略。

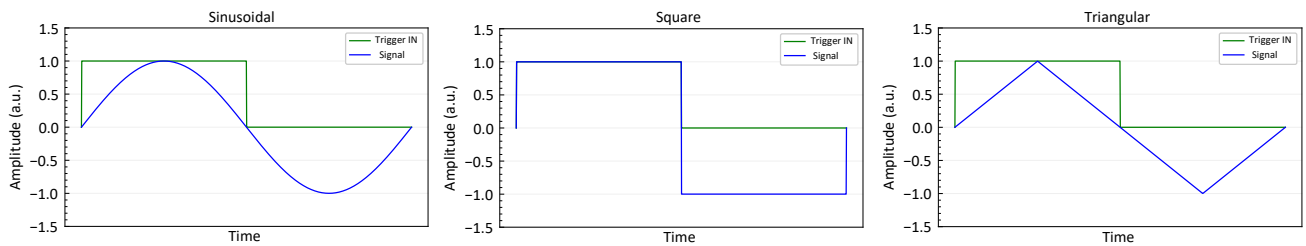


图 9: 不同波形与示例触发输入 (Trigger IN) 信号叠加示意。

模拟输入

ICC-4C-500 的每个通道均可通过专用 0–10 V 模拟输入进行控制（详见输入/输出连接器引脚分配）。ADC 分辨率为 16 位。模拟输入可映射到对应通道所连接透镜的电流或焦距（如适用）。支持线性和非线性映射。有关模拟映射的详细设置，请参考 Cockpit 软件手册。

简单模式通信

简单模式通信基于 RS-232 串行接口，可通过串口终端（如 Termit、Putty，波特率 256000，奇偶校验 N，停止位 1，数据位 8）与设备通信；如果使用以太网通信，可通过 Windows 系统的 Telnet 客户端进行通信。该模式采用 ASCII 字符命令及响应来操作 ICC-4C 驱动功能。命令和响应以 CR、LF（即 0x0D、0x0A）结束。协议不区分大小写，空格被忽略。

简单模式响应列表：

Simple communication mode reply	Description
OK[CR][LF]	Command accepted and performed without limits.
NO[CR][LF]	Command not accepted, for any reason.
OL[CR][LF]	Command not accepted, because parameter reached lower limit.
OU[CR][LF]	Command not accepted, because parameter reached upper limit.
ERROR[CR][LF]	Command not available.

简单模式命令列表：

Simple mode command	Description
START[CR][LF]	Driver answers "OK" if driver is ready to use and device is detected. Otherwise "ERROR" is received.
STATUS[CR][LF]	Driver answers with status encoded within 4Bytes information. Example: "0x00015000[CR][LF]" See next section for further description of the status bytes.
RESET[CR][LF]	Restarts driver's firmware. Note: no answer is sent via serial line.
GOTODFU[CR][LF]	Starts driver's loader for firmware update. Note: no answer is sent via serial line.
GOPRO[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is not checked.
GOPROCRC[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is checked.
GETID[CR][LF]	Answers with firmware serial number. Example: "14352500-00-A[CR][LF]"
GETVERSION[CR][LF]	Answers with firmware version number. Example: "1.0.740706[CR][LF]"
GETGITSHA1	Answers with 40 bytes hexadecimal GIT build identification. Example: "eb8115e6b04814f0c37146bbe3dbc35f3e8992e0[CR][LF]"
GETSN[CR][LF]	Answers with board and device serial number. Example: "Board: CDAA0057, Device: ANAA1234[CR][LF]"

GETDEVICESN[CR][LF]	Answers with serial number of a device connected depending on active channel. Example: "Device: ANAA1234[CR][LF]"
DETECTDEVICE[CR][LF]	Runs device autodetection on active channel. When detection is successful, answers with device name. Example: "XPR[CR][LF]"
SETCHANNEL=%int[CR][LF]	Set active channel. Channel index of ICC-4C is 0-3. Command is used as predecessor of other commands applying on active channel of ICC-4C driver.
GETCHANNEL[CR][LF]	Get active channel returns an integral number of active/selected channel, 0-3 for ICC-4C driver. Example: "2[CR][LF]"
SETCURRENT=%float[CR][LF]	Set current value for active channel. Command supports decimal parameter value in mA units. Current value is limited either by power capabilities of ICC driver itself or connected device.
GETCURRENT[CR][LF]	Answers with value of active channel current setpoint. Returned value is decimal number in units of milliamperes. Example: "15.6[CR][LF]"
SETFP=%float[CR][LF]	Sets focal power of active channel. Command supports decimal parameter value in units of diopters. Focal power is limited to detected lens device capability.
GETFP[CR][LF]	Answers with focal power of lens on active channel. Returned focal power is a decimal number in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETFPMIN[CR][LF]	Answers with focal power lower limit of lens device connected to active channel. Returned focal power is decimal value in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETFPMAX[CR][LF]	Answers with focal power upper limit of lens device connected to active channel. Returned focal power is a decimal value in diopters. If no lens is detected, it returns "NO".
GETTEMP[CR][LF]	Answers with actual temperature of device connected to active channel. Returned temperature is a decimal value in units of degree Celsius. Example : "27.54[CR][LF]"
SETTEMLIM=%f[CR][LF]	Set operational temperature limit for selected channel in degree Celsius.

驱动器状态（针对“STATUS”命令）

驱动器的“错误状态”是一个 32 位信息，用于描述驱动器本身或连接到特定通道的设备的状态。激活状态

（Active）：表示错误状态当前存在。非激活状态（Inactive）：表示错误状态曾经出现过，但当前已不再存在。

Byte	Status bit	Driver status
0.	0.	Fault on channel 0 – active
	1.	Fault on channel 0 – inactive
	2.	Fault on channel 1 – active
	3.	Fault on channel 1 – inactive
	4.	Fault on channel 2 – active
	5.	Fault on channel 2 – inactive
	6.	Fault on channel 3 – active
1.	7.	Fault on channel 3 – inactive
	0.	Driver overheat status – active
	1.	Driver overheat status – inactive
	2.	Channel 0: device not detected – active
	3.	Channel 0: device not detected – inactive
	4.	Channel 1: device not detected – active
	5.	Channel 1: device not detected – inactive
2.	6.	Channel 2: device not detected – active
	7.	Channel 2: device not detected – inactive
	0.	Channel 3: device not detected – active
	1.	Channel 3: device not detected – inactive
	2.	Channel 0: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	3.	Channel 0: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
	4.	Channel 1: Device supply 3.3V power overcurrent – active
5.	Channel 1: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive	
	6.	Channel 2: Device supply 3.3V power overcurrent – active

	7.	Channel 2: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
3.	0.	Channel 3: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	1.	Channel 3: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
	2.	I2C communication error – active
	3.	I2C communication error – inactive
	4.	EEPROM reading error -active
	5.	EEPROM reading error – inactive
	6.	Hall sensor out of range – active
	7.	Hall sensor out of range - inactive

Pro 模式通信协议

可根据需求提供具有额外功能的 Pro 模式通信协议。

安全性与合规性

本产品符合 RoHS、REACH 和 CE 合规标准。客户需自行确保在集成和使用过程中遵守所有相关安全法规。

支持文档（可按需提供）

可按需提供以下支持文档：

- 如何通过直接以太网连接将 ICC-4C 接入 PC
- 如何使用 Cockpit 和 Python 配置 ICC-4C 的模拟输入模式

ICC-4C-2000 工业型电流控制器 – 4 通道



主要特性:

- 图形用户界面Cockpit, 可通过 USB 或以太网控制
- 通信接口:
 - USB, UART, I2C, 支持 PoE+ 的以太网
 - 模拟输入 (0 – 10V)
 - 通用 I/O, 可选作 SPI 使用
 - 触发输出
 - 触发输入
 - 5 个状态指示 LED (红/绿)
- 提供 Python 与 C# 软件开发工具包 (SDK)
- 符合 RoHS、REACH 和 CE 认证

机械规格

尺寸 (L x W x H)	164 x 105 x 44	mm
重量	700	g
USB 接口	Micro B, USB 2.0	
最大 USB 电缆长度 ¹	5	m
接受的直流插头	2.1 I.D. x 5.5 O.D. x 10.0	mm
输出连接器	标准矩形针座, 100 mil (2.54 mm) 间距	34 pins
I/O 连接器	标准矩形针座, 100 mil (2.54 mm) 间距	20 pins
安装方式	T 型槽, 兼容标准 M4 螺母	

电气规格

电源电压范围	24 to 48	VDC
PoE 规范	PoE+ 803.3at	
最大功耗	65	W

热规格

工作温度	0 to 60	°C
存储温度	-40 to 85	°C

驱动输出

最大电流 (4 通道同时)	±2000	mA
最小电流步进	0.25	mA
分辨率	14	bits
前端电压 (可配置) ²	6 – 18 V (出厂默认 18 V)	V
输出电压限制	4 – 16	V
输出级拓扑	全桥, 滤波 PWM (负载未接地)	
数字通信	每通道专用 I2C 总线, 最大 400 kHz	
I2C 逻辑电平 (已实现上拉)	3.3	V
每通道 I2C 电源	3.3	V
逻辑电源最大电流	每通道典型 100 mA (过流保护)	mA
状态指示 LED	主控 + 每通道, 红 / 绿 / 橙	

¹ 实验室条件下测试的最大电缆长度, 实际性能可能受电磁环境影响。使用主动 USB 电缆可实现更长距离。

² 前端电压为输出级供电, 输出电压略低于前端电压。

驱动器输入

模拟输入电平 (4 通道)	0 – 10 V
模拟输入分辨率 (每通道)	16 Bits
模拟输入带宽	10 kHz
数字输入	4×GPIO (可配置为 SPI) , I2C, UART, SYNC_A, SYNC_B, MCU
数字输入逻辑电平	3.3 (NOT 5 V tolerant) V

标准产品

ICC-4C-2000	ICC-4C-2000 仅控制器
ICC-4C-2000 扩展套件	扩展套件包含： <ul style="list-style-type: none"> • XPR、BSW 和 FMR 的适配板 (带 20 cm 延长线) • Micro-USB 线缆 • DIN 导轨固定件
ICC-4C电源适配器	支持 EU、CH、US、UK、CN 主电源线

机械布局

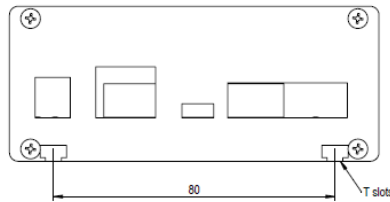
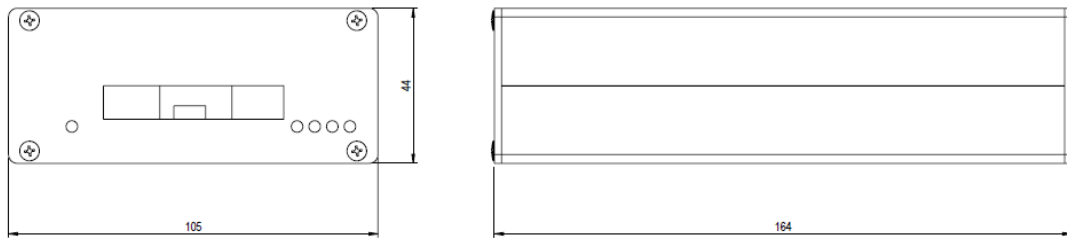


图 1: ICC-4C-2000 的机械尺寸 (单位: mm)

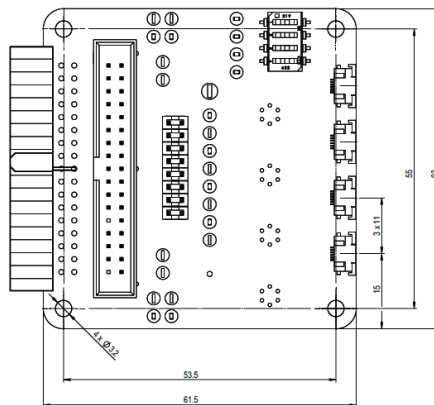
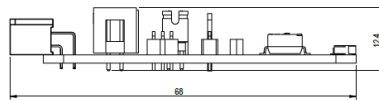


图 2: 适配板的机械尺寸 (单位: mm)

Connector	X21	X22	X30	X31	X32	X33
Compatible Devices	FMR-20	FMR-20				
	BSW-20	BSW-20				
	XPR-20	XPR-20	XPR-9	XPR-9	XPR-9	XPR-9
	XPR-33	XPR-33				
	LSR-30	LSR-30				
Current Channels	0 & 1	2 & 3	0	1	2	3



Do not use same current channels for more than one device.

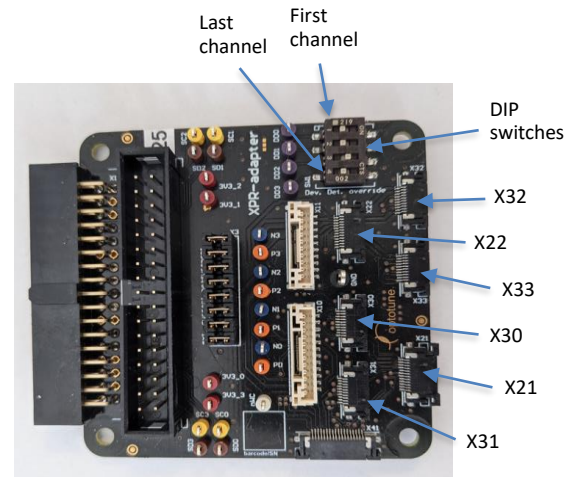


图 3: 适配板引脚说明及兼容设备列表。

输入/输出连接器引脚定义。

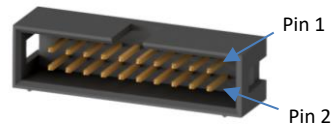


图 4: 连接器³: Würth Electronics header 100 mil 90° 插针排。

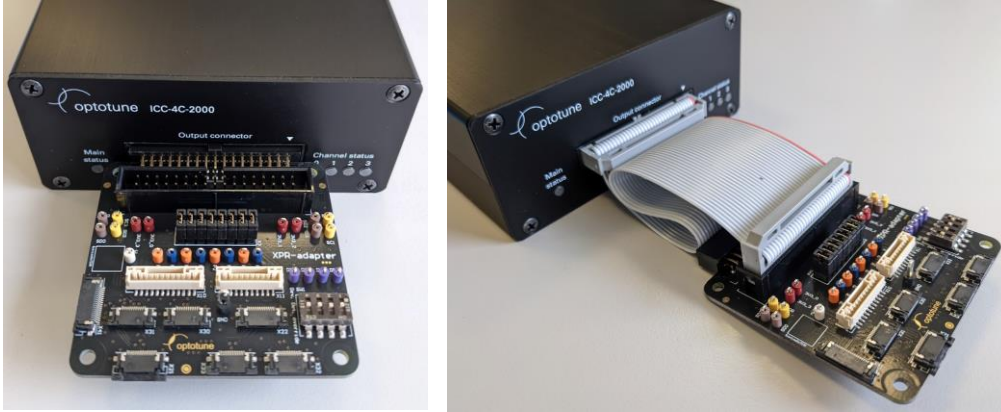
Pin	Signal	Value	Function
1	AnalogIn2	0..10 V	Analog input signal #2
2	AnalogIn3	0..10 V	Analog input signal #3
3	AnalogIn0	0..10 V	Analog input signal #0
4	AnalogIn1	0..10 V	Analog input signal #1
5	nRESET	0..3.3V (CMOS level)	Driver reset signal (inverted level)
6	AGND	-	Analog signal ground
7	USART_EXT_TX	0..3.3V (CMOS level)	UART transmit line
8	SYNC_B	0..3.3V (CMOS level)	Synchronization input B
9	USART_EXT_RX	0..3.3V (CMOS level)	UART receive line
10	SYNC_A	0..3.3V (CMOS level)	Synchronization input A
11	GND	-	Digital ground
12	GPIO3_SPI_MOSI	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #3 or SPI MOSI signal (Trigger OUT/IN)
13	I2C_HOST_SDA	0..3.3V (CMOS level)	I2C data line from host
14	GPIO2_SPI_MISO	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #2 or SPI MISO signal (Trigger OUT/IN)
15	I2C_HOST_SCL	0..3.3V (CMOS level)	I2C clock line from host
16	GPIO1_SPI_NSS	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #1 or SPI SlaveSelect signal (Trigger OUT/IN)
17	GND	-	Digital ground
18	GPIO0_SPI_SCK	0..3.3V (CMOS level)	General purpose digital IO #0 or SCK signal (Trigger OUT/IN)
19	VCC_EXT_IN ⁴	24...48 V	External DC supply voltage positive input
20	GND_EXT_IN	-	External DC supply voltage negative input

³ ICC-4C 的首批样品可能使用不同的连接器。如果连接器与上图不符，请与我们联系。

⁴ 若要启用外部电源，需插入一个虚拟圆柱插头。

适配器板的连接方式

适配器板可以直接连接到 34 针输出连接器，或者通过延长线连接（见图 5）。



连接带有 FPC 的设备

通过 FPC 排线连接设备

柔性排线可直接插入适配器板的 Molex 连接器（见图 6）。先用镊子打开连接器锁扣，然后将排线完全插入，铜触点朝上，最后关闭黑色锁扣。

重要提示: 切勿在通电状态下热插拔适配器板上的柔性排线，否则可能会损坏控制器。

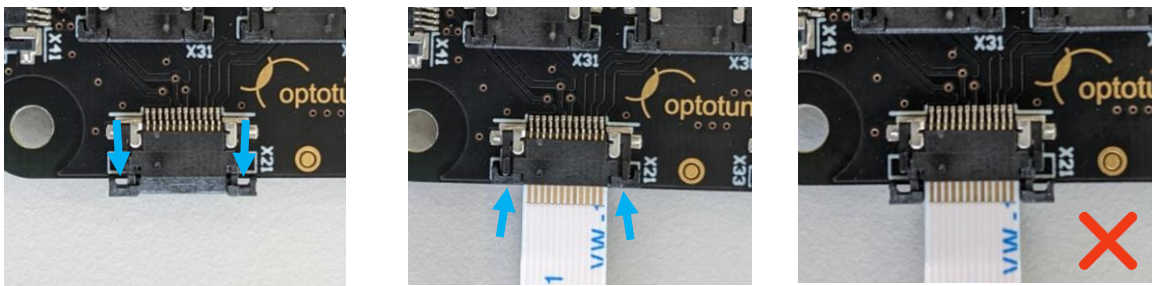


图 6: 带柔性排线的设备正确连接方式与未完全闭合连接器的错误连接示意。

ICC-4C-2000 主状态指示灯及各通道状态指示灯。

LED	Color	Legend
Main Status	Red	Power on, no connection
	Orange	Operation OK (possible error)
	Green	Operation OK
Channel Status	Red	Device error
	Green	Device detected; operation OK

输入/输出信号

输出触发信号

ICC-4C 的信号发生器通过 GPIOx 引脚（取决于通道，0、1、2、3；引脚分配请参见输入/输出连接器引脚表）输出触发信号。所选波形的 0° 相位时，触发信号为高电平（HIGH，3.3 V，最大 5 mA）；在周期中点时，信号变为低电平（LOW）（见图 7）。对于脉冲模式，该信号反映占比。

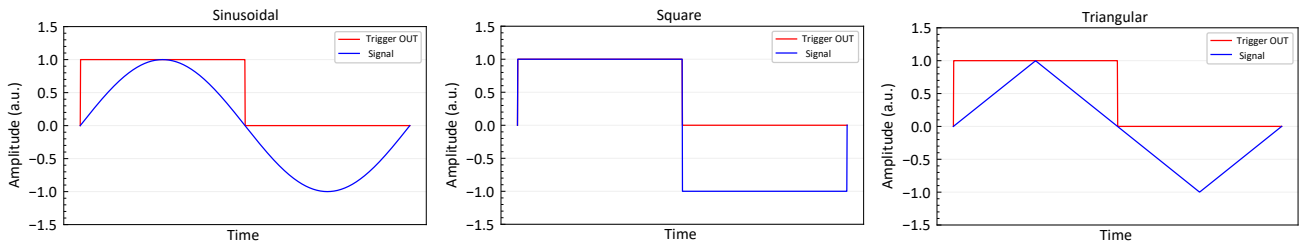


图 7: 不同波形与其对应的触发输出 (Trigger OUT) 信号叠加示意。

输入触发信号

ICC-4C 的信号发生器可以通过外部输入触发信号实现同步。当触发输入信号变为高电平 (HIGH, 最大 3.3 V) 时, 所选波形从 0° 相位开始 (见图 8)。有两种触发方式 (引脚分配请参见输入/输出连接器引脚表):

- SYNC_A 引脚: 输入信号作用于此引脚, 可同时同步所有通道。
- GPIOx 引脚: 默认情况下, GPIOx 用作触发输出 (见前述说明)。可以重新编程, 将其用作单通道触发输入 (0、1、2、3)。在这种情况下, GPIOx 的触发输入功能会覆盖 SYNC_A 功能, 因此 SYNC_A 上的任何信号都会被忽略。

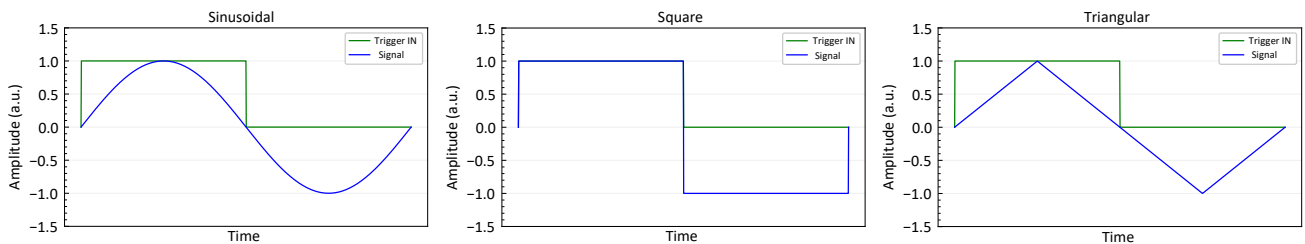


图 8: 不同波形与示例触发输入信号叠加示意。

模拟输入

ICC-4C-2000 的每个通道都可以通过专用的 0-10V 模拟输入进行控制 (引脚分配请参见输入/输出连接器引脚表)。ADC 分辨率为 16 位。模拟输入可以映射到对应通道的特定电流范围。在操作时必须始终遵守所连接设备的 RMS 电流和峰值电流限制。关于如何设置模拟映射的详细信息, 请参阅 Cockpit 软件手册。

简易模式通信

简易模式通信基于 RS-232 串行通信接口, 可通过串行终端 (如 Termite、PuTTY, 波特率 256000, 校验: 无, 停止位: 1, 数据位: 8) 或通过 Windows 系统上的 Telnet 客户端 (在使用以太网通信时) 与设备通信。它使用一组 ASCII 字符命令和应答来与 ICC-4C 驱动器功能进行交互。命令和应答以字符序列 CR、LF (即 0x0D、0x0A) 结尾。

简易模式应答列表:

命令	描述
OK[CR][LF]	命令已被接受并执行, 没有超出任何限制。
NO[CR][LF]	命令未被接受, 原因不明或不满足条件。
OL[CR][LF]	命令未被接受, 因为参数已达到下限。
OU[CR][LF]	命令未被接受, 因为参数已达到上限。

ERROR[CR][LF] 命令不可用或执行失败。

简易通信模式命令说明

命令	描述
START[CR][LF]	Driver answers "OK" if driver is ready to use and device is detected. Otherwise "ERROR" is received.
STATUS[CR][LF]	Driver answers with status encoded within 4 bytes information. Example: "0x00015000[CR][LF]" See next section for further description of the status bytes.
RESET[CR][LF]	Restarts driver's firmware. Note: no answer is sent via serial line.
GOPRO[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is not checked.
GOPROCRC[CR][LF]	Starts binary protocol-based mode of serial communication. Serial message CRC is checked.
GETID[CR][LF]	Answers with firmware serial number. Example: "14352500-00-A[CR][LF]"
GETVERSION[CR][LF]	Answers with firmware version number. Example: "1.0.740706[CR][LF]"
GETGITSHA1	Answers with 40 bytes hexadecimal GIT build identification. Example : "eb8115e6b04814f0c37146bbe3dbc35f3e8992e0[CR][LF]"
GETSN[CR][LF]	Answers with board and device serial number. Example: "Board: CDAA0057, Device: ANAA722[CR][LF]"
GETDEVICESN[CR][LF]	Answers with serial number of a device connected depending on active channel. Example: "Device: ANAA722[CR][LF]"
DETECTDEVICE[CR][LF]	Runs device autodetection on active channel. When detection is successful, answers with device name. Example: "XPR[CR][LF]"
SETCHANNEL=%int[CR][LF]	Set active channel. Channel index of ICC-4C is 0-3. Command is used as predecessor of other commands applying on active channel of ICC-4C driver.
GETCHANNEL[CR][LF]	Get active channel returns an integral number of active/selected channel, 0-3 for ICC-4C driver. Example: "2[CR][LF]"
SETCURRENT=%float[CR][LF]	Set current value for active channel. Command supports decimal parameter value in mA units. Current value is limited either by power capabilities of ICC driver itself or connected device.
GETCURRENT[CR][LF]	Answers with value of active channel current setpoint. Returned value is decimal number in units of milliamperes. Example: "15.6[CR][LF]"
GETTEMP[CR][LF]	Answers with actual temperature of device connected to active channel. Returned temperature is a decimal value in units of degrees of Celsius. Example : "27.54[CR][LF]"
SETTEMPLIM=%f[CR][LF]	Set operational temperature limit for selected channel in degrees of Celsius.

驱动器状态（对应“STATUS”命令）

驱动器的“错误状态”是一个32位信息，用于反映驱动器本身或连接到特定通道的设备的状态。错误状态可能处于活动状态（当前存在错误）或非活动状态（之前存在错误，但当前已消失）。

Byte	Status bit	Driver status
0.	0.	Fault on channel 0 – active
	1.	Fault on channel 0 – inactive
	2.	Fault on channel 1 – active
	3.	Fault on channel 1 – inactive
	4.	Fault on channel 2 – active
	5.	Fault on channel 2 – inactive
	6.	Fault on channel 3 – active
1.	7.	Fault on channel 3 – inactive
	0.	Driver overheat status – active
	1.	Driver overheat status – inactive
	2.	Channel 0: device not detected – active
	3.	Channel 0: device not detected – inactive
	4.	Channel 1: device not detected – active

	5.	Channel 1: device not detected – inactive
	6.	Channel 2: device not detected – active
	7.	Channel 2: device not detected – inactive
2.	0.	Channel 3: device not detected – active
	1.	Channel 3: device not detected – inactive
	2.	Channel 0: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	3.	Channel 0: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
	4.	Channel 1: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	5.	Channel 1: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
	6.	Channel 2: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	7.	Channel 2: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
3.	0.	Channel 3: Device supply 3.3V power overcurrent – active
	1.	Channel 3: Device supply 3.3V power overcurrent – inactive
	2.	I2C communication error – active
	3.	I2C communication error – inactive
	4.	EEPROM reading error -active
	5.	EEPROM reading error – inactive
	6.	Hall sensor out of range – active
	7.	Hall sensor out of range - inactive

专业模式通信协议

如有需要，可提供具有额外功能的专业模式通信协议。

安全与合规

本产品符合 RoHS、REACH 及 CE 合规标准。客户需自行确保在集成和操作过程中遵守所有相关安全法规。

支持文档（可按需提供）

可按需提供以下支持文档：

- 如何通过以太网直连将 ICC-4C 连接到电脑
- 如何使用Cockpit 和 Python 配置 ICC-4C 的模拟输入模式

MR-E-3 开发套件

MR-E-3驱动器是MR系列二维快速转向镜的新一代全集成驱动解决方案。该驱动器可充分发挥快反镜的全部功能，支持开环与闭环控制，相比上一代驱动器MR-E-2，具有更高的控制带宽、更短的死区时间与稳定时间，并采用高效的PWM驱动方式。MR-E-3开发套件提供即插即用的解决方案，便于直接进行测试与设备集成。



主要特点:

- 图形用户界面: Cockpit, 通过 USB 控制
- 通信接口
 - USB
 - SPI, UART, I²C
 - 模拟输入(0 - 10 V)
- 软件开发工具包 (SDK) : 支持 Python 和 C#
- 认证: 符合 RoHS、REACH 及 CE 标准

MR-E-3 开发套件包含以下组件

- MR-E-3 基座单元: 含 MR-E-3 驱动器、国际电源、USB 数据线及 DIN 导轨安装套件
- MR-E-3 头部单元: 含 MR 系列二维转向镜、MR-E-3 代理板、基座至代理板连接线及保护罩



机械规格 – 基座单元

尺寸 (L x W x H)	64 x 105 x 28.7	mm
重量	226	g
USB 接口	USB C	
接受直流圆柱插头	2.1 I.D. x 5.5 O.D. x 10.0	mm

机械规格 – 头部单元

直径	45	mm
高度	31.3	mm
电缆长度 × 直径	1000 x 4.5	mm
重量	420	g

电气规格

电流输出通道数量	2	
电源电压	24 - 48 (± 10%)	V
电流源类型	Class - D	
每通道连续输出电流	0.5	A
MR-15-30 连续功耗	10	W
每通道峰值输出电流	1	A
最大峰值功耗	35	W
DAC 分辨率	16	bit
DAC 采样率	40	kHz
数字逻辑电平	3.3 (5 V not tolerant)	V

位置反馈规格

控制回路频率	40	kHz
采样率	160	kHz
代理板 SPI 时钟频率	25	MHz
位置读取抖动	500	ns
控制器死区时间	100	µs
模拟输入采样率(16 bit)	40	kHz

环境规格

基座单元工作温度 ²	0 to +60	°C
代理板工作温度	-20 to +85	°C
存储温度	-40 to +85	°C

¹ MR 系列二维镜头规格：有关头部单元中集成的 MR 系列二维镜的详细规格，请参阅对应的 MR 数据手册（如 MR-15-30）。

² 安全工作区域说明：参见图 5。实线表示绝对额定值；虚线表示长期操作可能降低使用寿命的区域。高温环境下，建议使用 24 V 电源。OEM 版本（无外壳）推荐用于直接基座散热或风扇冷却，从而允许在比带壳版本更高的环境温度下工作。详细安全工作区域请参考图 5。

标准产品概览

标准产品	集成反射镜类型	包含组件
MR-E-3 基座单元	N/A	MR-E-3 基座控制盒、国际电源、USB 数据线、DIN 导轨套件
MR-E-3 镜头单元 (镀金膜)	MR-15-30-G-25x25D	镜头单元 (含镜面与电缆) MR-E-3 代理板 基座至代理板连接线、保护罩
MR-E-3 镜头单元 (镀银膜)	MR-15-30-PS-25x25D	同 MR-E-3 镜头单元 (镀金膜)
MR-E-3 镜头单元 (DVIS)	MR-15-30-DVIS-25x25D	同 MR-E-3 镜头单元 (镀金膜)
MR-E-3 定制镜头单元	MR-C-15-30 MR-15-30-6x6D-E MR-8-30	同 MR-E-3 镜头单元 (镀金膜)

机械布局

MR-E-3 基座单元的机械示意图如图 1 所示。

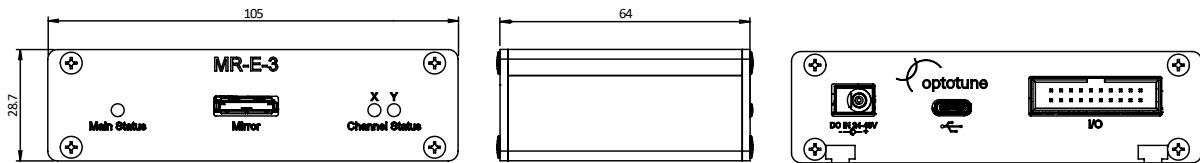


图 1: MR-E-3 基座单元机械示意图 (单位: mm)

MR-E-3 镜头单元、连接电缆及整体组装的机械示意图如图 2 所示。

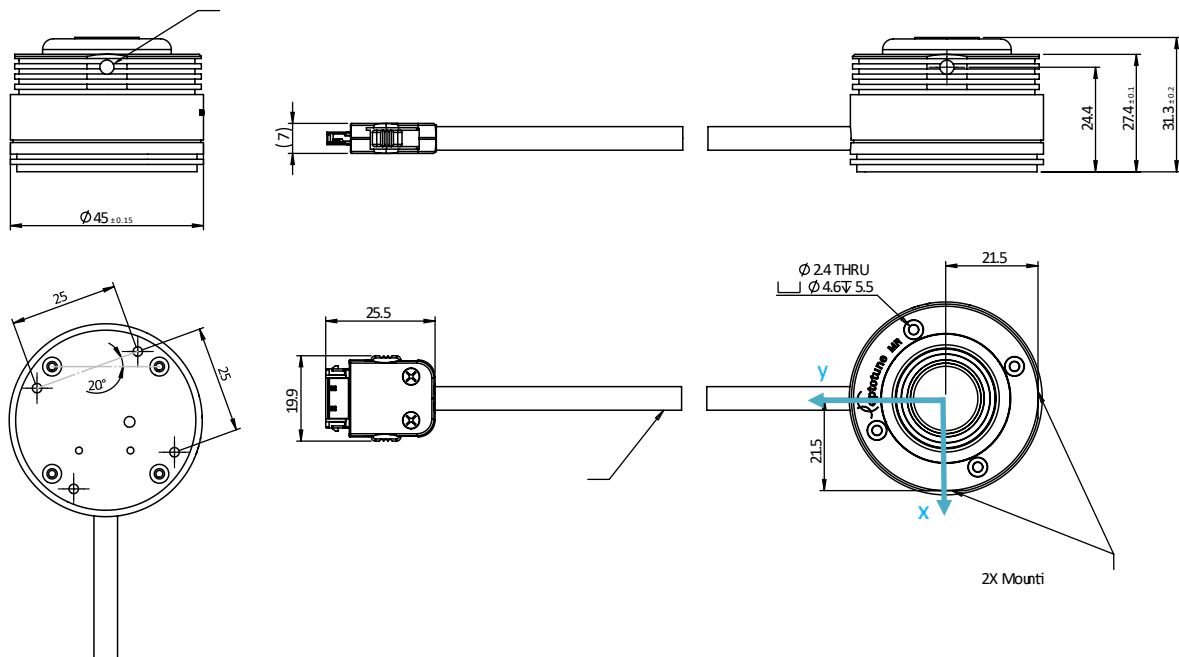


图 2: MR-E-3 镜头单元及电缆组件机械示意图 (单位: mm)。

电气布局

图 3 显示了 MR-E-3 基座单元的前后面板。后面板：配备三个连接器，电源连接器，USB Type-C 连接器：用于通过 Cockpit 软件控制、软件开发套件 (SDK) 调用，以及简单模式与专业模式的串行通信。I/O 连接器：提供多功能接口，可连接 SPI、UART、I2C 或模拟电压控制等通信接口，引脚定义见 表 1。前面板：仅包含镜头连接器。

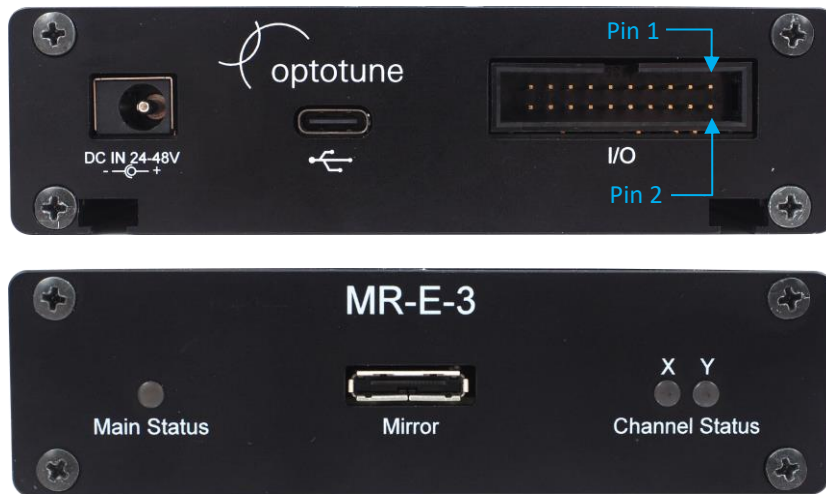


图 3: MR-E-3 基座单元前后面板及引脚分配示意图。

表 1: I/O 连接器引脚定义。

位置	功能	描述
1	AI_X	X 轴模拟输入
2	AI_Y	Y 轴模拟输入
3	Signal GND	数字和模拟地
4	External VCC Enable	外部电源使能信号 (接到 Power GND 激活)
5	NRST	驱动复位信号 (接地激活)
6	SYNC_Y	Y 轴触发输入/输出 ¹
7	UART TX/ I2C SCL	串行接口发送线 / I2C 时钟线 ²
8	SYNC_X	X 轴触发输入/输出 ¹
9	UART RX/ I2C SDA	串行接口接收线 / I2C 数据线 ²
10	SPI_DATA_NRDY	SPI 数据未准备好信号
11	Proxy SPI_CLK	Proxy 板 SPI 时钟输出 ³
12	SPI_MOSI	SPI 主设备输出从设备输入
13	Proxy SPI_CS	Proxy 板 SPI 片选输出 - 转换启动信号
14	SPI_MISO	SPI 主设备输入从设备输出
15	Proxy SPI_MOSI	Proxy 板 SPI MOSI 输出 ³
16	SPI_CS	SPI 片选
17	STABILITY	反射稳定信号
18	SPI_CLK	SPI 时钟
19	External VCC	外部电源输入 ¹
20	Power GND	驱动电源地

¹ 可配置为输入或输出

² 可配置为外部串行接口 UART 或 I2C

³ Proxy 板 SPI 数字输出，提供原始数据

热管理

反射镜发热主要由线圈中流过的驱动电流产生，并通过镜面背面导出。MR-E-3 代理板的功耗极低，不需要专用散热装置。

功耗（双通道）

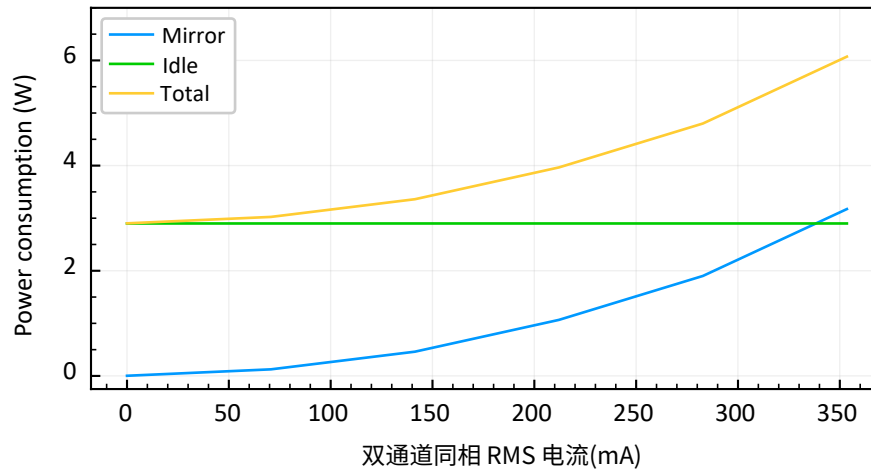


图 4: 功耗依赖关系

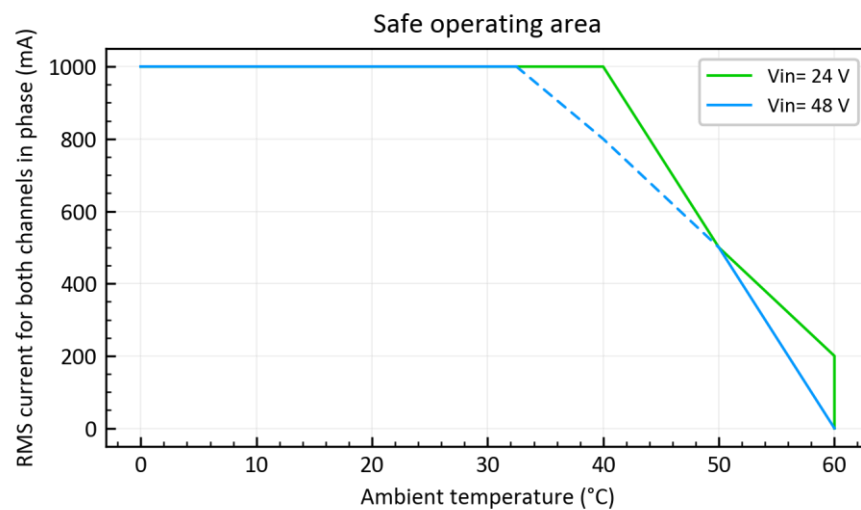


图 5: MR-E-3 安全工作区域。实线表示绝对额定值；虚线表示长期运行可能降低寿命的区域。在高温环境下，建议使用 24V 电源。建议使用 OEM 版本（无外壳），以便直接对基座单元进行散热或风扇冷却，从而相比带壳版本可在更高环境温度下运行。

安全与合规

本产品符合 RoHS 和 REACH 合规标准。客户需自行确保在集成和操作过程中遵守所有相关安全法规。

MR-E-3 OEM 版本

MR-E-3 驱动器是专为MR 系列二维快反镜设计的新一代全集成驱动解决方案。该驱动器可充分发挥快反镜的全部功能，支持开环与闭环控制，相比上一代驱动器 MR-E-2，具有更高的控制带宽、更短的死区时间与稳定时间，并采用高效的 PWM 驱动方式。其 OEM 版本采用模块化设计，便于将 MR 系列快反镜及驱动器集成至其他系统中。



主要特性:

- 提供图形用户界面Cockpit，可通过 USB 控制
- 通信接口
 - USB
 - SPI, UART, I²C
 - 模拟输入0 - 10 V)
- 提供 Python 与 C# 软件开发工具包 (SDK)
- 符合 RoHS、REACH 和 CE 认证

MR-E-3 OEM 版本包含以下组件:

- MR-E-3 基础单元电路板
- MR-E-3 代理板
- USB 数据线、基础单元到代理板连接线、国际通用电源



机械规格

基础单元板尺寸(L x W)	99.5 x 59.7	mm
代理板尺寸(L x W)	30 x 30	mm
基础单元板重量	45	g
代理板重量	8	g
USB 接口	USB C	
可接受直流插头规格	2.1 I.D. x 5.5 O.D. x 10.0	mm
连接线长度 × 直径	1000 x 4.5 ¹	mm

电气规格

电流输出通道数量	2	
电源电压	24 - 48 (± 10%)	V
电流源类型	Class - D	
每通道连续输出电流	0.5	A
连续功耗 (用于 MR-15-30)	10	W
每通道峰值输出电流	1	A
最大峰值功耗	35	W
DAC 分辨率	16	bit
DAC 采样率	40	kHz
数字逻辑电平	3.3 (5 V not tolerant)	V

位置反馈

控制环路频率	40	kHz
采样率	160	kHz
代理板 SPI 时钟频率	25	MHz
位置读取抖动	500	ns
控制器死区时间	100	µs
模拟输入采样率 (16 bit)	40	kHz

环境规格

基础单元工作温度	0 to +60	°C
代理板工作温度	-20 to +85	°C
存储温度	-40 to +85	°C

标准产品概览

标准产品	包含的反射镜类型	包含组件
MR-E-3 OEM Version	不含反射镜 (需单独订购)	MR-E-3基础单元板 国际电源和 USB-C 数据线 代理板 基础单元到代理板连接线

¹ 反射镜连接线还提供 3000 mm 和 5000 mm 版本。

² 有关安全工作区域的详细信息，请参见图 8。

机械布局

MR-E-3 基板和代理板的机械图分别见图 1 和图 2。可根据需求提供基板和代理板的完整原理图、制造数据及模型。

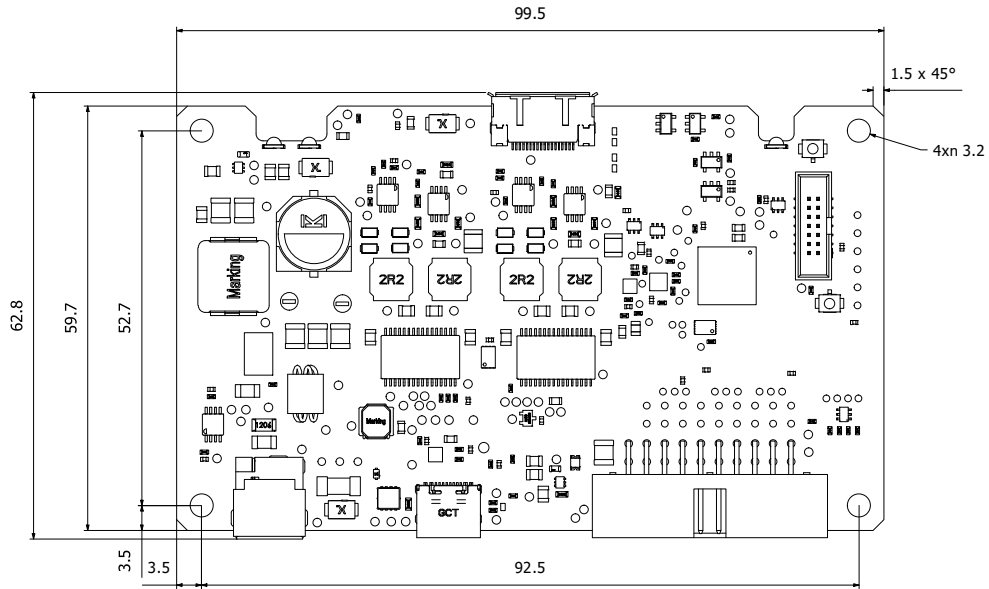


图 1: MR-E-3 基板 (Base Unit Board) 机械图 (单位: mm)。

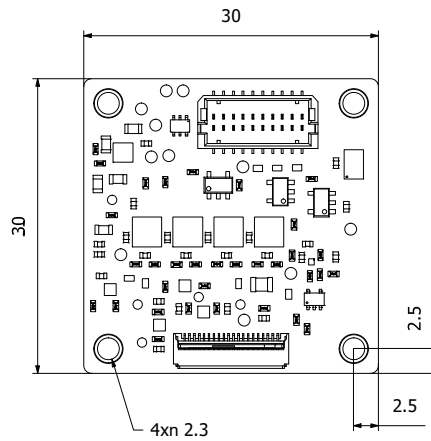


图 2: MR-E-3 代理板 (Proxy Board) 机械图 (单位: mm)。

关于 MR 系列二维快速转向镜的机械图, 请参阅相应的数据手册。

电气布局

MR-E-3 OEM 版本模块化部件的连接器方框图如图 3 所示。图 4 展示了基板单元、代理板以及 MR 系列二维镜正确的连接方式。

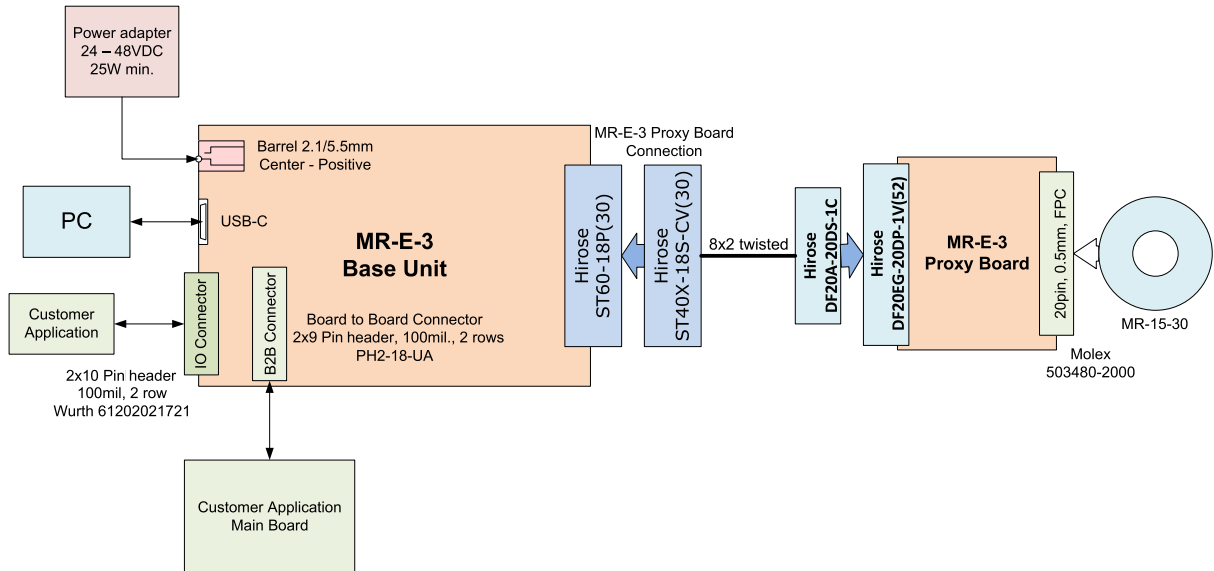


图 3: MR-E-3 OEM 版本连接器方框图。

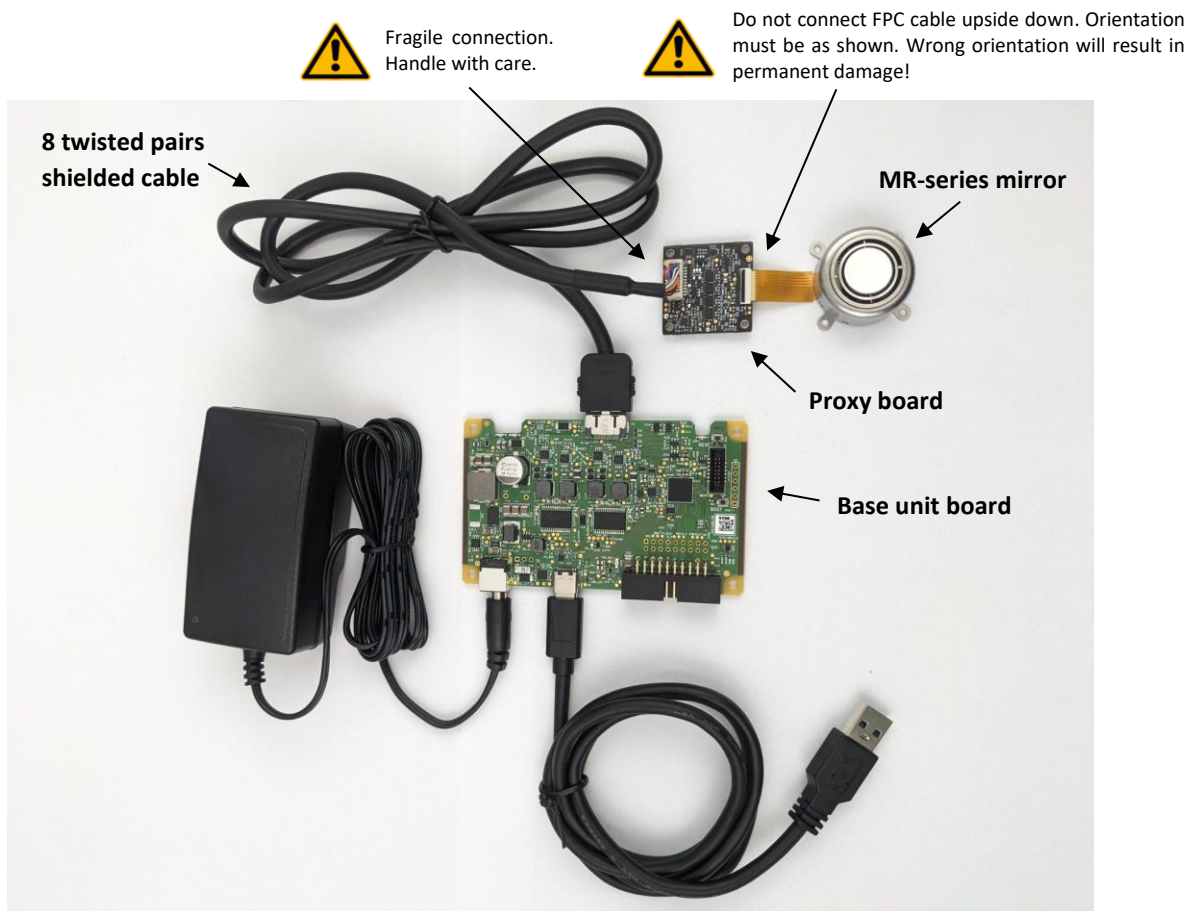
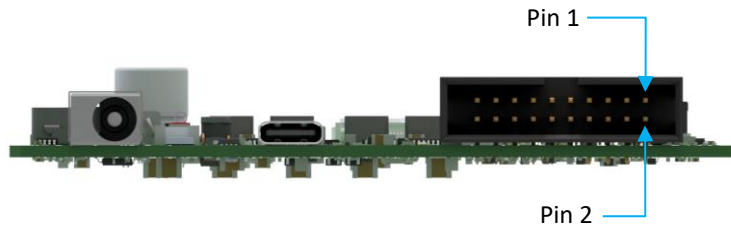


图 4: MR-E-3 OEM 版本中镜面与电路板的正确连接示意图。



MR-E-3 基板引脚定义

位置	功能	描述
1	AI_X	X 轴模拟输入
2	AI_Y	Y 轴模拟输入
3	Signal GND	数字和模拟地
4	External VCC Enable	外部电源使能信号 (接至 Power GND 激活)
5	NRST	驱动复位信号 (接至 GND 激活)
6	SYNC_Y	Y 轴触发输入/输出 ¹
7	UART TX/ I2C SCL	串行接口发送线 / I2C 时钟线 ²
8	SYNC_X	X 轴触发输入/输出 ¹
9	UART RX/ I2C SDA	串行接口接收线 / I2C 数据线 ²
10	SPI_DATA_NRDY	SPI 数据未就绪
11	Proxy SPI_CLK	代理板 SPI 时钟输出 ³
12	SPI_MOSI	SPI 主输出从输入
13	Proxy SPI_CS	代理板 SPI 片选输出 - 转换启动信号
14	SPI_MISO	SPI 主输入从输出
15	Proxy SPI_MOSI	代理板 SPI MOSI 输出
16	SPI_CS	SPI 片选
17	STABILITY	反射镜稳定指示
18	SPI_CLK	SPI 时钟
19	External VCC	外部电源输入 ¹
20	Power GND	驱动电源地

¹ 可配置为输入/输出
² 可配置为外部串行接口 UART 或 I2C
³ 代理板 SPI 数字输出, 提供原始数据

图 5: MR-E-3 基板引脚分配图

MR-E-3 OEM 版本还提供板对板 (B2B) 连接的功能, 未占用的位置可用于 2.54 mm 间距的连接, 这些连接器需从板的底部焊接。

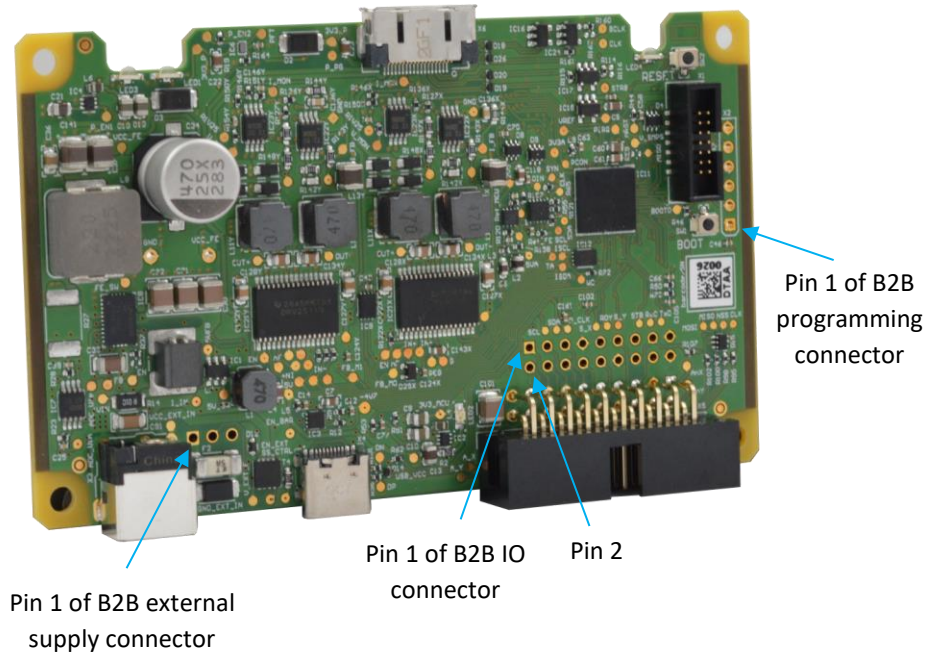


图 6: 板对板 (B2B) 连接器的引脚分配示意图。

Pinout of B2B IO connector	
Position	Function
1	Proxy SPI_MOSI
2	SPI_CLK
3	Proxy SPI_CS
4	SPI_CS
5	Proxy SPI_CLK
6	SPI_MISO
7	Signal GND
8	SPI_MOSI
9	SYNC_X
10	SPI_DATA_NRDY
11	SYNC_Y
12	Signal GND
13	STABILITY
14	UART RX/ I2C SDA
15	NRST
16	UART TX/ I2C SCL
17	Signal GND
18	Signal GND

Pinout of B2B programming connector	
Position	Function
1	3V3 from MCU
2	BOOT
3	DEBUG – UART RX
4	DEBUG – UART TX
5	$\overline{\text{RESET}}$
6	Signal GND

Pinout of B2B external supply connector	
Position	Function
1	External VCC
2	External VCC Enable ³
3	Power GND

³ 将此引脚接到 Power GND, 以激活外部 VCC。

热管理

反射镜中的热量由流过线圈的驱动电流产生，并通过反射镜背部导出。与上一代 MR-E-2 相比，MR-E-3 代理板的功耗极低，无需额外散热。

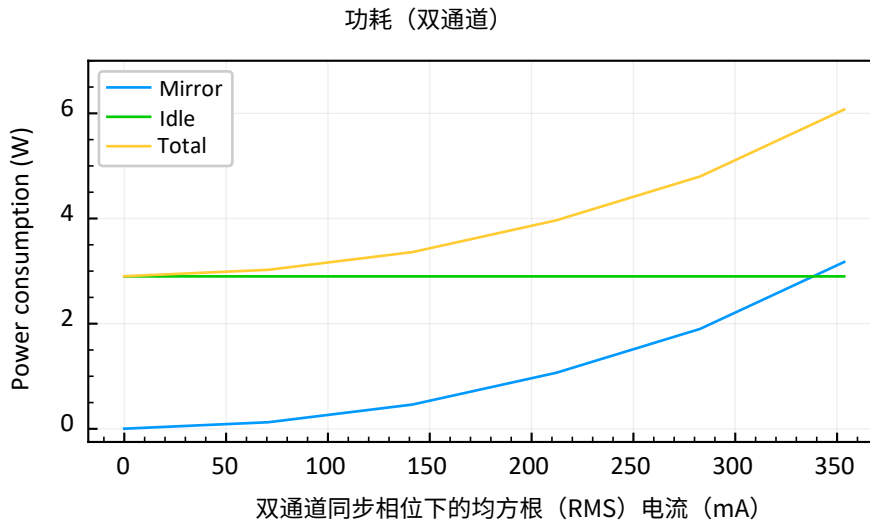


图 7: 功耗依赖关系示意图。

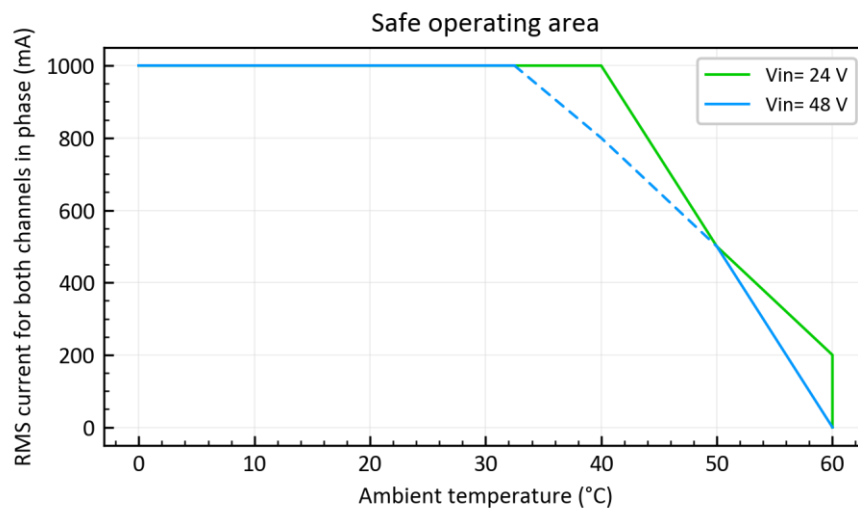


图 8: MR-E-3 安全工作区 (SOA)。实线表示绝对额定值，虚线表示长期运行可能降低寿命的区域。对于高温环境，建议使用 24V 电源。所示安全工作区为 MR-E-3 (开发套件) 带外壳版本测得的结果，若额外进行基板散热或风扇冷却，则该数据较为保守。

安全与合规

本产品符合 RoHS 和 REACH 合规标准。客户需自行确保在集成和使用过程中遵守所有相关安全规范。