

电源适配器完整Cybenetics测试协议 能效、多输出运行及整体性能计算

Revision 1.6

作者：Aristeidis Bitziopoulos



塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 7 月

修订历史

版本	发布日期	备注
1.0	2026 年 6 月	初始PA ETA提案涵盖功率等级、115 V/230 V等级、空载和功率因数标准、PD/PPS 配置文件、参考线缆和热评估。
1.1	2026 年 6 月	按照Cybenetics主协议模板重新格式化并存档至电源适配器协议共享文件夹。
1.2	2026 年 7 月	扩展至物理多输出和共享容量适配器；引入分层效率聚合、强制传导EMI、条件性风扇噪音测试、法规规则版本控制、标准化多端口场景和完整的报告/数据质量门限。
1.3	2026 年 7 月	内部工作修订版 — 未发布；在1.4版之前被取代。
1.4	2026 年 7 月	定义了授权实验室的能力：一台Chroma 63600主机，配备五个独立的400 W负载通道和两台PicoScope 4444差分示波器。现在可同时加载和测量多达五个PA输出；报告记录每个输出通道的路径和跨示波器的时间限制。
1.5	2026 年 7 月	添加完整的从测试台到报告的操作员 walkthrough，并集成 On-Bright OBPD011 手动快速充电夹具。定义断电布线、配置文件调试、真实无负载与协商零负载状态、五输出路由、安全/中止门、证据捕获、外部 EMI 交接和受控关机。
1.6	2026 年 7 月	编辑一致性检查通过，根据Rev. 1.5的审查：记录了跳过的Rev. 1.3，明确了规则集版本与文档修订版本相互独立，明确区分了多输出排名值与授予奖牌的区别，并修正了作者行。ETA效率、空载和功率因数限制保持不变。

目录

定义	6
电源适配器/外置电源 (PA/EPS)	6
Physical Output / Port	6
Output Profile	6
Multiple-Output PA	6
Multiple-Voltage PA	6
Shared-Capacity Ports	6
动态PA和保证功率	6
铭牌输出功率 (Pout)	6
空载功率	6
连接空闲功率	6
ETA	6
EMI	6
范围和管理原则	7
功率等级	7
工作单和产品能力清单	7
Test Equipment and Calibration	8
Reference Cabling and Measurement Plane	8
Environmental and Input Test Conditions	9
端到端实验室流程	10
阶段1 - 打开工作单并识别样品	10
阶段2 - 构建能力与同时输出映射	10
阶段3 - 验证工作台就绪状态	10
阶段4 - 进行断电连接	11
阶段5 - 为DUT通电并捕获基线状态	12
阶段6 - 为每个输出配置文件进行调试	12
阶段7 - 执行正常的电气运行	12
阶段8 - 执行同时输出场景	13

阶段9 - 捕获纹波、瞬变和重新分布证据	13
Stage 10 - Protection, hot and optional tests	13
阶段11 - 验证、打包和发布运行	14
阶段12 - 受控关机和工作台复位	14
手动快充夹具 - 亮屏 OBPD011	16
Connection and preflight	16
Mode and button map	17
Fixed USB PD PDO - F1	17
PPS / APDO - F2	17
QC, FCP, SCP_B 和 UFCS	18
AVS 和 EPR	18
模式更改、多端口使用和恢复	18
操作员检查表 - 在启用任何负载之前	19
空载和连接空闲测量	19
单端口和按配置效率程序	19
多输出和共享容量程序	21
分层效率聚合	21
ETA 效率等级与授予逻辑	23
空载限制	23
功率因数限制	24
最终ETA授予	24
法规合规层	24
强制传导EMI	26
调节、纹波和瞬态性能	26
负载和线路调节	26
纹波和噪声	26
瞬态和重新分配测试	26
Protection Tests	27
Thermal and Hot Performance	27
Conditional Fan and Acoustic Testing	27

Additional Cybenetics Performance Tests	28
采样、重复性和临界结果	28
数据质量、可追溯性和自动验证.....	28
强制认证门	29
认证和报告	29
规则集版本化和Beta校准	30
参考文献	30

定义

电源适配器/外置电源 (PA/EPS)

一种自包含的外部交流-直流转换器，为一个或多个受电产品提供一个或多个稳压直流输出。

Physical Output / Port

一个独立的连接器或硬连线输出，能够独立提供电力或作为共享容量组的一部分。

Output Profile

固定电压、USB 电源传输（PD）、可编程电源（PPS）或由电压、电流和最大连续功率定义的专有工作点。

Multiple-Output PA

具有多个物理电源输出的适配器，无论这些输出是独立的还是共享一个总功率限制。

Multiple-Voltage PA

一个能够通过多个电源输出同时提供超过一种输出电压的PA。

Shared-Capacity Ports

当各单独铭牌功率之和超过它们同时运行时的最大可用总功率时的输出。

动态PA和保证功率

PA可在有限时间内提供更高的峰值功率，同时无限期提供较低的连续功率。分类和连续负载测试使用保证功率。

铭牌输出功率（Pout）

最大连续组合输出功率。对于多输出，它是在声明的同时负载条件下交付的总和，且不超过保证的组合限制。

空载功率

PA通电但无输出连接到主负载时的输入功率。

连接空闲功率

一个或多个协商输出连接但未消耗有用负载时的输入功率。它与法规空载功率分开报告。

ETA

Cybenetics能效评级计划。独立的ETA等级针对115 V和230 V输入计算。

EMI

电磁干扰。此协议要求将传导发射测试作为认证门槛；辐射EMI可能根据工作单包含在内。

范围和管理原则

此协议适用于具有一个或多个物理输出的外部AC-DC电源适配器，包括固定输出适配器、圆孔插头和专有适配器、USB-C/USB-PD/PPS充电器、多端口充电器、高功率EPR/笔记本电脑适配器，以及适用时集成无线充电功能的适配器。

该协议故意将三个结果层分开：

- 1. 合规性：使用适用于所选工作单区域的规则集进行市场特定的通过/失败计算。
- 2. Cybenetics ETA 评级：使用版本化的 Cybenetics 阈值在 115 V 和 230 V 下进行比较效率水平。
- 3. 工程性能：调节、纹波、瞬态、热、保护、PD/PPS、多端口和可选声学特性。

范围边界：本协议不要求进行安全文件收集或文件化安全审查。此排除不涉及测量的热、保护、浪涌或EMI测试，也不改变制造商的法定产品合规义务。

- 所有适用的测量值均以原始工作点级别存储；标题值是计算得出的，而非手动重新输入。
- 不适用的测试会明确存储为 N/A 并附上原因；它绝不会以空白字段表示。
- 阈值、公式和区域规则会进行版本控制，因此历史报告始终保留发布时使用的规则集。

功率等级

功率等级基于最大连续组合输出功率。对于动态 PA，使用保证功率。临时提升或峰值功率会单独记录，且不会提高等级。

Class	Continuous combined output power	Typical products
A – Ultra-Low	$P_{out} \leq 6\text{ W}$	Small wall adapters and accessory chargers
B – Low	$6\text{ W} < P_{out} \leq 49\text{ W}$	手机/平板充电器和轻薄笔记本适配器
C – Medium	$49\text{ W} < P_{out} \leq 150\text{ W}$	主流笔记本和多端口 GaN 适配器
D – High	$P_{out} > 150\text{ W}$	USB-PD EPR, 游戏笔记本和工作站适配器

表 1 — 功率等级定义。

工作单和产品能力清单

测试前，操作员记录完整的电气能力图。由此产生的清单驱动编辑器、自动导入器、所需测试矩阵和发布完整性规则。安装的自动化工作台支持最多五个同时激活的物理输出；需要超过五个同时输出的 DUT 将被保留，等待计划的第二个主框架及相关范围路由，然后再开始完整的多输出认证运行。

- 制造商、型号、样品编号、序列号、实验室 ID、报告 ID 和认证 ID。

- 输入电压/频率范围、额定输入电流、功率等级和目标区域。
- 每个物理端口、连接器类型以及它是独立的还是属于共享容量组。
- 每个固定输出配置文件、PD PDO、PPS 范围、最大电流和最大连续功率。
- 最大组合输出功率、保证功率、峰值功率持续时间及所有广告中声明的同时功率分配。
- Cooling type and fan presence (Yes/No).
- 无线充电功能及任何影响适用测试的其他集成功能。

Test Equipment and Calibration

设备	最小用途
可编程交流电源	100–240 V, 50/60 Hz; 电压调节和低源 THD
精密功率分析仪	同时输入电压/电流/真实功率/PF/谐波；毫瓦空载分辨率
可编程电子负载	每个同时活动输出独立通道；低电流下稳定。安装的测试台为一个 Chroma 63600 主机架，配备五个独立的 400 W 通道，允许同时测试最多五个 PA 输出。
USB-C PD/PPS 分析仪	手动PD/PPS夹具选择请求的配置文件并记录选定的PDO/PPS状态。自动协商不是安装测试台的一部分；动态协商转换仅在夹具/工作单提供可审计程序时记录。
示波器和探头	纹波、过冲、负载瞬变、PPS转换和功率重新分配。安装的测试台使用两个 PicoScope 4444差分示波器：输出1-4使用示波器1的A-D输入，输出5使用示波器2的A输入。
EMI接收器和LISN	传导EMI扫描，线路/中性线结果和可导出的波形
热室/热箱	受控40 °C类测试条件和可重复的气流
温度仪表	热电偶和/或校准的热成像相机
毫欧表和DMM	参考电缆特性分析和电压降测量
声学设施	仅在PA包含一个或多个风扇时需要

表2 — 完整PA协议的核心设备。

所有仪器的当前校准状态应在测试运行中记录。测量不确定度、量程和分辨率必须足以满足最小预期值，特别是空载功率和低电流效率。

Reference Cabling and Measurement Plane

- USB-C/USB-PD端口使用经过特性化处理的EPR兼容参考夹具和电缆，适用于测试电流。
- 接头系列使用匹配的特性化引线。
- Cybenetics对比结果在参考电缆的夹具/设备端测量，因此结果反映传递的功率。
- 合规性计算使用适用规则集要求的电缆修正或测量平面。原始值和修正值均被保留。

Environmental and Input Test Conditions

正常效率、调节和电气性能测量在输出稳定后于25°C ±2°C下进行。单独的热评估在40°C ±2°C下进行，除非工作单或适用标准指定了其他条件。除非强制冷却是产品的一部分，否则不应用强制冷却。

输入条件	目的	Extent
115 V / 60 Hz	ETA 115 V and USA	Full Cybenetics run
230 V / 50 Hz	ETA-230V and EU	Full Cybenetics run
220 V / 50 Hz	China	Regional compliance run when selected
100 V / 50 and 60 Hz	Japan	Regional compliance run when selected
220 V / 60 Hz	South Korea	Regional compliance run when selected
230 V / 60 Hz	Middle East	Regional compliance run when selected

表3 — 输入条件矩阵。工单选择任何超出两个ETA运行的区域附加项。

- 交流电源电压波形和总谐波失真（THD）被记录；对于欧盟2025/2052测量，供电电压THD在13次谐波范围内不得超过2%。
- 测试仅在电压、电流、功率和温度在工作点稳定后进行。
- 常规测试和热测试运行使用单独的条件标识符；其数据永远不会混合在一个效率平均值中。

端到端实验室流程

本节是完整Faganas电源适配器运行的控制操作序列。它将本协议其余部分的要求转换为可从样品接收至报告发布全程遵循的台架程序。详细测试部分仍控制计算、工作点和合格/不合格规则。

停止规则：当被测设备（DUT）能力、电缆额定值、夹具限制、仪器路径、极性、校准状态或预期电压未知时，不得继续操作。保持所有Chroma输入关闭并编程为0 A，直到特定输出/配置通过空载电压门限。

阶段1 - 打开工作单并识别样品

- 确认工作单、目标市场、所需输入条件、热测试条件、可选测试和报告语言。
- 记录制造商、型号、样品和序列号、实验室ID、报告ID、认证ID、标签额定值和冷却声明。
- 在测试前拍摄DUT、额定标签、随附电缆和每个输出连接器的照片。
- 如果存在可见损坏、污染、松动硬件、损坏电缆或无法读取的额定标签，则隔离样品。

放行门限：样品身份和请求范围与物理DUT和工作单一致。

阶段2 - 构建能力与同时输出映射

- 列出每个物理输出O1-O5、连接器类型、固定电压、广告电流和连续功率。
- 对于USB-C或专有快充端口，从可审计能力证据中记录每个固定PDO/配置文件、PPS/AVS范围、电流能力和电缆要求。
- 记录最大组合功率、保证功率、临时峰值功率和每个广告的同时功率分配。
- 标记共享容量的端口。不要计划适配器未广告或无法维持的组合。
- 如果超过五个输出必须同时激活，停止完整运行，直到第二个Chroma主框架和验证后的示波器路由投入使用。

释放门限：Faganas输出/配置清单已完成且无不可能的分配。

阶段3 - 验证工作台就绪状态

系统	预检要求	记录
交流源 - ASR2100	正确USB/LAN资源；输出关闭；115/60和230/50程序可用；电压/电流限制适当。	资产/序列号、路径、编程状态
输入分析仪 - HMC8015	正确量程、接线和集成模式；低功率量程适用于空载工作。	资产/序列号、量程、校准ID

系统	预检要求	记录
负载箱 - Chroma 63600	通道1-5已识别；每个输入关闭；0 A已编程；限制不超过DUT/电缆/夹具额定值。	主框架/模块ID和通道图
示波器 - 两个PicoScope 4444	差分输入和批准的附件；正确量程/耦合/带宽；无过载警告。	Serial, input, range, coupling, bandwidth
Temperature - TC-08	所需热电偶已识别、安装并处于环境温度下合理状态。	Asset/serial and probe map
OBPD011 fixture	验证5 V供电/极性；板卡版本/资产ID；标称台架验收限值；LOAD极性已知。	夹具ID/修订版，供应和验收限值

- 确认每个测量仪器的校准状态和测试日期有效性。
- 记录环境温度并验证测试区域、热箱和气流与选定条件匹配。

释放门限：Faganas通信已开启，所有必需设备运行正常且无通道包含过时数据。

阶段4 - 进行断电连接

- 将ASR2100输出设为关闭。确认所有Chroma输入关闭且为0 A。在更改夹具或负载接线前断开DUT输出电缆。
- 按批准顺序连接交流源 -> HMC8015 -> DUT输入。仅在DUT设计要求时应用保护接地；切勿创建意外的输出返回连接。
- 将O1-O5分配至下方固定路径。在定义的输出测量平面上使用短负载引线 and 批准的差分测量附件。

DUT output	Chroma load	Ripple/transient input	Negotiation interface
O1	Channel 1	PicoScope #1 A	OBPD011/direct breakout as applicable
O2	Channel 2	PicoScope #1 B	独立夹具，如需协商
O3	Channel 3	PicoScope #1 C	独立夹具，如需协商
O4	Channel 4	PicoScope #1 D	独立夹具，如需协商
O5	Channel 5	PicoScope #2 A	独立夹具，如需协商

跨范围限值 O1-O4 在 PicoScope #1 上同时捕获。O5 在 PicoScope #2 上捕获。两个示波器未进行相位同步；请按输出响应报告共同事件，且不得声称两台仪器之间的精确时间关系。

释放门限：极性、电缆额定值、负载路径、示波器路径和测量平面已独立检查并记录。

阶段5 - 为DUT通电并捕获基线状态

- 在所有输出路径物理断开的情况下，设置选定的输入条件并将ASR2100输出开启。
- 允许输入功率和DUT温度稳定。确认输入电压/频率以及无异常声音、气味、电弧或发热。
- 在无主输出负载、夹具或通电产品连接的情况下测量真正的空载输入功率。Chroma通道处于0 A状态本身并不构成真正的空载证明。
- 真实空载被接受后，每次连接一个所需的协商夹具或分路器，其Chroma输入仍处于关闭状态且电流为0 A。这些是连接空闲/协商状态，而非真实空载。

释放门限：真实空载和每个所需的连接空闲状态都有独立的记录和标识符。

阶段6 - 为每个输出配置文件进行调试

- 对于非协商的固定输出，在启用其负载前，验证指定路径上的预期开路电压。
- 对于协商端口，在下一节中使用OBPD011程序。在选择或更改模式、电压或电流请求时，保持指定负载处于OFF/0 A状态。
- 将Faganas队列条目创建为Name=Voltage,Current。对于固定PDO，使用该PDO所宣传的电流；对于PPS/AVS，使用夹具上选择的操作合同电流请求。
- 配置文件电流是用于规划和安全的合同/额定限制。它不是立即绘制该电流的命令；Chroma通道控制实际负载电流。
- 当Faganas询问时，确认物理F/V选择，然后允许应用程序验证未加载输出电压。如果不匹配，请保持负载关闭并纠正设置。

释放门限：每个配置文件都有验证过的电压、合同/额定电流、电缆、夹具状态和不可变的01-05路径。

阶段7 - 执行正常的电气运行

- 分别运行完整的115 V/60 Hz和230 V/50 Hz ETA序列。仅当工作单选择时，才添加区域输入条件。
- 在每个操作点等待稳定，然后保留输入电压/电流/功率/PF；输出电压/电流/功率；效率；纹波；温度；配置文件；路径和捕获ID。
- 对于每个固定配置文件，执行定义的10-100%扫描，并确保保留10%、25%、50%、75%和100%。对于PPS，在所需负载下测试最小、中点和最大电压。

- 通过应用程序计划增加负载；在首次调试期间，不要直接跳转到满合同电流。监视所有活动输出，防止崩溃、重新协商或电流限制。
- 在不混合输入或热条件的情况下，完成线路/负载调节、轻载点、满载PF和适用的保证/峰值功率记录。

发布门禁：每个必需的单端口/配置文件/输入点均已完成、稳定且与原始证据相关联。

阶段8 - 执行同时输出场景

- 每个输出通道使用一个Chroma通道，每个独立协商的USB-C端口使用一个合适的触发器/接口。一个OBPD011只能协商一个端口。
- 一个一个地连接并协商所有负载关闭/0 A时的输出。最终端口连接后，重新检查每个输出，因为多端口电源共享可能会改变可用配置。
- 在Faganas中确认最终的O1-O5配置组合，然后运行平衡、优先端口、广告分割、所有端口低负载、全组合负载、最坏热力和重新分配场景（如适用）。
- 使用同步的Chroma读数来计算总传输功率。切勿用顺序的单端口测量替代必需的同步结果。

发布门限：每个活动输出均保持在其支持的分配范围内，且每个输出的测量值均保留在总和之下。

阶段9 - 捕获纹波、瞬变和重新分布证据

- 在10%、25%、50%、75%和100%的配置下捕获纹波，并在最坏同时条件下使用已记录的耦合、范围和带宽。
- 执行适用的负载步骤、协商电压转换、端口连接/断开事件和电源重新分配事件。记录每个输出的过冲、下冲、中断和恢复情况。
- 将机器可读的测量结果和相应的截图/捕获文件与DUT、运行、输入、输出/配置文件、场景和捕获标识符一起保存。
- 对于五输出事件，标签O5证据为跨范围不同步，并避免任何相位精确的跨范围结论。

发布门限：用于重现每个波形所需的设置和捕获标识符与结果一起存储。

Stage 10 - Protection, hot and optional tests

- 仅通过已实施并验证的Chroma程序运行OCP/OPP，并记录触发、关机/电流限制行为、损坏结果及恢复方法。

- 受控OVP在安装的测试台上不支持。自动OTP不支持。SCP仅在特定夹具/路径已验证后运行；否则记录N/A并注明原因。
- 在满载和最差多输出热条件保持稳定，直到协议稳定/平衡规则被满足。记录仪器化的位置的环境温度、机箱温度、连接器/电缆温度和内部温度。
- 仅当实际存在风扇时，才运行风扇/RPM/声学工作。将无风扇设备明确存储为N/A - 无风扇。
- EMI 由单独的 EMI 申请/工作流程执行并保留。Faganas 不控制或获取该测试；当认证需要时，将外部结果链接到相同的样本/报告标识符。

发布门限：所有适用的测试已完成；所有省略的测试均明确标注为N/A，并附有技术上有效的理由。

阶段11 - 验证、打包和发布运行

- 运行应用程序完整性与一致性检查。解决缺失配置文件、不可能的分配、过期值、路线不匹配、标题/表格差异和缺失媒体的问题。
- 审查异常事件和警告。功能、热、保护或外部EMI故障不会被平均消除。
- 验证样品、操作员、日期/时间、环境、规则集版本、校准ID、仪器序列号/路径、夹具ID/修订版、电缆ID和原始文件哈希。
- 生成事务处理包并确认其清单/哈希值后再接受或发布结果。
- 仅对已接受的源数据应用评级/计算规则。任何修正都会创建经过审核的修订版本，而非覆盖原始证据。

发布门禁：第二人或授权审查确认技术完整性，最终报告与已接受的包匹配。

阶段12 - 受控关机和工作台复位

- 将每个Chroma通道的电流逐步降至0 A，关闭所有输入，并在触碰灯具按键、连接器或负载线前确认电流已下降。
- 返回协商的配置以达到5 V或断开Type-C。仅在负载关闭时使用已记录的复位路径。
- 将ASR2100输出关闭以断电DUT。在断开电缆前确认输出和输入状态安全。
- 移除热电偶和电缆，不得损坏样品。记录最终样品状态及任何异常。

- 根据需要重置仪器限值/范围，仅在包装验证后清除临时工作台数据，并保持所有负载输入关闭。

中止并确保安全 立即禁用受影响的负载通道，以防止意外电压、崩溃/振荡、电缆或连接器过热、冒烟、异味、电弧、仪器过载、通信丢失、极性反接、不支持的配置文件或路径不匹配。当仅移除负载无法使系统安全时，关闭交流电源输出。在重试前记录状态；不得绕过故障释放门。

手动快充夹具 - 亮屏 OBPD011

OBPD011 是一款手动水槽/触发接口，而非电子负载、功率计或 USB-IF 兼容性分析仪。它请求 DUT 支持的快速充电配置文件，并在 LOAD+ 和 LOAD- 处显示协商后的输出。分配的 Chroma 通道提供实际负载。



图1 - On-Bright OBPD011 手动快充夹具。制造商产品图片。

夹具验收限值 制造商页面未公布负载路径电压、电流、功率、连接器、走线或端子额定值，也未公布DC-005极性。使用前，验证专用5 V电源及极性，记录实际电路板版本，并建立标有保守基准的台架验收限值。EPR/AVS按钮可用性并非证明完整夹具路径在所有源额定值下均安全的依据。

Connection and preflight

Connection/control	目的	Operator requirement
DC-005	5 V fixture supply	仅使用经验证的、标有标签的电源和极性；确认LED9。
Type-C	DUT电源连接	仅在选定的模式程序指示时且负载处于OFF/0 A时连接。
LOAD+ / LOAD-	与Chroma协商的输出	验证极性和引线等级；切勿在负载下连接/断开。
F1-F8	协议/模式	确认相应的LED1-LED8；切勿从LED推断电压。
V1-V8	特定模式的配置文件/操作	使用下方的活动模式图；独立验证输出电压。

- 将指定的Chroma输入关闭并设置为0 A。在更改共享适配器状态前，关闭其他受影响的输出。
- 使用经批准的配件，将PicoScope 4444差分输入连接到相同的输出端子对，设置相应的量程、耦合方式和带宽。

- 从经过验证的5 V电源为灯具供电，确认LED9，然后按照精确的模式序列操作。当Type-C连接时，将LOAD端子视为带电。
- 协商达成后，测量LOAD+至LOAD-。在电压与预期的Faganas配置一致后，方可启用负载。

Mode and button map

键	模式	固定选择	调整/特殊操作
F1	PD PDO	V1-V5: PDO1-PDO5; V7: PDO8/EPR entry	V8: Hard Reset; V6 undocumented
F2	PPS APDO	V1: PPS1; V2: PPS2	V3/V4: +/-20 mV; V5/V6: +/-500 mV; V7/V8: Icc +/-50 mA
F3	QC 2.0/3.0	V1/V2/V3: 5/9/12 V; V4: enter QC 3.0	V5/V6: +/-200 mV; V7/V8 unused
F4	FCP	V1-V5: 5/9/12/15/20 V	V6-V8 undocumented
F5	SCP_B	V1-V5: 5.5/9/12/15/20 V	V1 also enters; V6/V7: +/-100 mV; V8 unused
F6	UFCS	V2-V6: 5/9/12/15/20 V	V1: enter/exit; V7/V8: +/-100 mV
F7	AVS	V1: AVS1; V2: AVS2	V3/V4: +/-100 mV; V5/V6: +/-1000 mV; V7/V8: Icc +/- (step unpublished)
F8	EPR PDO	V1/V2/V3/V4: PDO1/PDO8/PDO9/PDO10	V5-V8 undocumented in this mode

文档冲突 一家制造商概述称F8为保留，而后续完整表格和专用部分将F8定义为EPR PDO。在依赖F8之前，务必在5 V且负载关闭的情况下验证实际板卡版本。PDO8标识为28 V；请根据DUT能力集和实测输出确定PDO9/PDO10，而非依据按钮编号。

Fixed USB PD PDO - F1

- 按F1键并确认LED1，然后连接DUT Type-C线缆。
- 按V1-V5键以请求PDO1-PDO5。仅使用DUT公布的PDO。V7是记录在案的EPR/PDO8 28 V入口，需要EPR兼容的DUT和线缆。
- 等待协商，验证空载电压，并使用该PDO的标称电流记录名称=电压、电流。
- V8 是硬重置。保持负载关闭/0 A，按下它以返回至 SPR，并在未观察到预期重置时断开Type-C。在重新连接负载前验证电压。

PPS / APDO - F2

- 按下 F1 和 V1 以建立 5 V PD 状态，连接 DUT Type-C 电缆，然后按下 F2 并确认 LED2。
- 按下 V1 以用于 PPS1 或 V2 以用于 PPS2。使用 V3/V4 (+/-20 mV) 或 V5/V6 (+/-500 mV) 调整电压。使用 V7/V8 (+/-50 mA) 调整请求的合同电流。

- 验证空载电压，并在 Faganas 中输入已验证的电压加上选定的合同电流请求。通过计划的操作点逐渐增加实际 Chroma 负载。

QC, FCP, SCP_B 和 UFCS

模式	Safe operating sequence
QC - F3	Type-C断开时按F3；重新连接；V1/V2/V3选择5/9/12 V，或V4进入QC 3.0，V5/V6调整±200 mV；负载前验证。
FCP - F4	Type-C断开时按F4；重新连接；V1-V5选择5/9/12/15/20 V；负载前验证。
SCP_B - F5	Type-C断开时按F5；重新连接；V1-V5选择5.5/9/12/15/20 V，V6/V7调整±100 mV；负载前验证。
UFCS - F6	Type-C断开时按F6；重新连接；V1进入/退出，V2-V6选择5/9/12/15/20 V，V7/V8微调±100 mV；负载前验证。

AVS 和 EPR

- AVS - F7：仅与合适的 DUT 和电缆一起使用。V1/V2 选择 AVS1/AVS2；V3/V4 调整 +/-100 mV；V5/V6 调整 +/-1000 mV。V7/V8 改变 Icc，但制造商未发布该步骤。不要假设 PPS 步骤；在加载前验证实际板/请求。
- EPR - F8：保持负载关闭，连接支持 EPR 的 DUT/电缆，在 5 V 下验证 F8 行为，然后使用 V1/V2/V3/V4 用于 PDO1/PDO8/PDO9/PDO10。在加载前，将每个空载电压与 DUT 能力证据进行验证。
- 要退出 EPR，请断开 Type-C。F1/V8 硬重置路径也已记录用于返回至 SPR；在启用任何负载前验证结果电压。

模式更改、多端口使用和恢复

- 任何模式更改均被视为返回至 5 V 级别。保持负载关闭/0 A，按下目标 F 键，断开/重新连接 Type-C，确认 5 V，然后选择更高配置并验证它。
- 一个 OBPD011 有一个 Type-C 输入和一个 LOAD 对。为每个必须在同时测试中保持活动的协商 USB-C 输出使用一个独立合适的触发器/接口。
- 在最终端口连接后，重新验证所有输出，因为适配器可能会重新分配功率或重新协商。如果持续组合与原始广告不同，则更新计划。
- 如果电压错误/不稳定，立即禁用受影响的 Chroma 通道，断开 Type-C，返回至 5 V 或重启设备，并在需要时关闭交流电源。记录请求的配置文件、测量电压、电缆、路径和行为后再重试。

NOT USB-IF COMPLIANCE OBPD011流程支持受控工程和生产式加载。它不解析或认证协议合规性，其LED灯不是协商电压或电流的证明。为每个已配置配置文件保留外部能力证据和测量电压。

操作员检查表 - 在启用任何负载之前

- 已验证5 V设备供电和极性；LED9开启；设备ID/版本已记录。
- 正确的DUT端口、电缆/EPR评级、Chroma通道和PicoScope输入已映射。
- LOAD+ / LOAD- 极性正确；负载输入关闭；已编程0 A。
- 正确的F模式LED和预期V操作已选择。
- 测量的空载电压与Faganas配置文件一致。
- 合同/额定电流正确记录，且不会与即时负载电流混淆。
- 最终多端口连接后，所有输出均重新检查。
- 设备路径接受限值和每个电缆/仪器限值均被遵守。

空载和连接空闲测量

空载功率在PA通电且无主负载连接的每个所需输入条件下单独测量。连接空闲状态是额外的Cybenetics测量，不能替代法规空载功率。

1. 真正的空载：任何输出均未连接通电产品或电子负载。
2. 单端口连接空闲：每个可协商输出均单独连接且无有用负载。
3. 所有端口连接空闲：所有端口在技术上可行时均协商/连接且无有用负载。

数据库存储每个状态的输入功率、PF、协商状态、活动端口和输入条件。ETA空载限制仅适用于定义的空载测量。

单端口和按配置效率程序

每个物理端口独立表征。每个已公布的固定配置均进行测试，因为端口和配置可能具有不同的转换阶段和损耗。

配置文件类型	所需工作点
固定电压/专有	配置文件电流的10%至100%，以5%为步长；明确包含10%、25%、50%、75%和100%

配置文件类型	所需工作点
USB-PD固定PDO	每个端口上每个已公布固定PDO的完整10–100%扫描
PPS	PPS最小、中点和最大电压；适用电流的10%、25%、50%、75%和100%加上动态过渡测试
动态/增益配置文件	连续测试使用保证功率；峰值能力和持续时间单独记录

表 4 — 按配置效率测试点。

在每个测试点记录输入电压/电流/功率/PF、输出电压/电流/功率、效率、纹波、温度和协商的配置。空载单独测量。

$$\eta_i = (P_{out,i} / P_{in,i}) \times 100\%$$

$$E_{profile} = (1 / N) \times \sum \eta_i \text{ 对于定义的配置负载扫描}$$

多输出和共享容量程序

多输出PA既作为单个端口的集合进行测试，也作为组合系统进行测试。总交付输出功率是每个活动输出同时测量功率的总和。

$$\eta_{scenario,i} = (\sum_j P_{out,i,j} / P_{in,i}) \times 100\%$$

场景族	所需方法
平衡的	所有活动端口接收相等的比例负载。
Priority-port	最高功率端口首先加载；剩余保证功率分配给其他活动端口。
广告分割	制造商明确广告的每个同时功率分配均被测试。
所有端口低负载	所有端口在低组合负载下处于活动状态，以暴露不良轻载行为。
全组合负载	所有适用端口在最大连续组合输出功率下运行。
最差热分割	产生最高内部或连接器温度的分配被保留为标准化结果。
重新分配	端口连接/断开，同时负载转移，电压、中断、过冲和重新协商被捕获。

表 5 — 标准化多输出场景家族。

对于共享容量端口，比例分配降额因子是最大组合输出功率与单个端口铭牌功率总和的比值。每个端口参考电流根据适用的同时负载条件乘以此因子。对于具有最多五个活动输出的DUT，每个标准化的同时场景均使用每个输出的专用Chroma通道执行；总交付功率从同时的每通道读数计算得出。需要超过五个同时输出的DUT不能通过替代或顺序结果表示：在所有端口场景完成之前，需要计划的第二个主框架和验证的路由。

- 场景家族按权重计算，而非原始场景计数，因此具有更多已公布配置的产品不会仅因配置数量而获得或失去评级权重。
- 对于欧盟合规性，自适应电源在最低和最高适用输出电压下进行测试，并且多输出/铭牌计算遵循选定的法规规则集。
- 每个端口的测量和分配均被存储和发布；聚合结果从不替代底层证据。

分层效率聚合

禁止对每个原始配置文件和场景进行简单平均，因为它会不成比例地加重具有多个端口或配置文件的产品权重。Rev. 1.2 使用分层聚合。

$$E_{port} = \text{该物理端口所需所有Eprofile值的算术平均值}$$

$$E_{single} = \text{物理端口间Eport的算术平均值}$$

$Emulti = \text{标准化多输出场景族结果的算术平均值}$

$Ecomparative = Esingle$ (单输出PA)

$Ecomparative = 0.5 \times Esingle + 0.5 \times Emulti$ (多输出PA)

Ecomparative 是发布的排名值。为防止弱工作模式被隐藏，多输出PA的效率合格等级是**Esingle**和**Emulti**各自独立达到的较低等级。对于单输出PA，它是**Esingle**达到的等级。

注：对于多输出PA，发布的排名值（**Ecomparative**）和授予的ETA等级是按设计从不同量值推导的——排名值是**0.5×Esingle + 0.5×Emulti**的混合值，而授予的奖章使用**Esingle**和**Emulti**合格等级中的较低者。因此，单元的排名数字和其奖章可能反映不同的工作模式。

ETA 效率等级与授予逻辑

PA 对115 V和230 V分别获得独立的ETA认证。功率等级基于连续组合输出功率。以下表格是初始Rev. 1.2规则集，并将在代表性测试人群可用后进行版本更新以重新校准。规则集版本与本文档的修订号无关：'Rev. 1.2规则集'是首次在文档修订版1.2中定义的效率规则集，并在本文档中保持现行。

ETA级别	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	≥87	≥92	≥94	≥95
TITANIUM	≥85	≥90	≥92	≥93
PLATINUM	≥83	≥88	≥90	≥91
GOLD	≥81	≥86	≥88	≥89
SILVER	≥78	≥84	≥86	≥87
BRONZE	≥75	≥81	≥83	≥84

表6 — 最小整体效率（%），230 V输入。

ETA级别	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	≥85	≥90	≥92	≥93
TITANIUM	≥83	≥88	≥90	≥91
PLATINUM	≥81	≥86	≥88	≥89
GOLD	≥79	≥84	≥86	≥87
SILVER	≥76	≥82	≥84	≥85
BRONZE	≥73	≥79	≥81	≥82

表7 — 最小整体效率（%），115 V输入。

空载限制

ETA级别	Class A ≤6 W	Class B 6–49 W	Class C 49–150 W	Class D >150 W
DIAMOND	0.020	0.030	0.050	0.075
TITANIUM	0.030	0.040	0.070	0.100
PLATINUM	0.040	0.055	0.090	0.130
GOLD	0.050	0.070	0.110	0.150
SILVER	0.060	0.085	0.130	0.180
BRONZE	0.075	0.100	0.150	0.210

表8 — 最大空载功率（W），在每个ETA输入电压下单独应用。

功率因数限制

功率因数在每个负载点进行测量和报告。仅当额定连续输出超过70 W时， 它才影响ETA级别。

ETA级别	PF — 230 V	PF — 115 V
DIAMOND	≥0.950	≥0.985
TITANIUM	≥0.940	≥0.980
PLATINUM	≥0.935	≥0.975
GOLD	≥0.930	≥0.970
SILVER	≥0.920	≥0.960
BRONZE	≥0.900	≥0.950

表9 — 70 W以上PA的最小满载功率因数。

最终ETA授予

- 1. 计算效率合格级别。对于多输出PA， 使用Esingle和Emulti达到的较低级别。
- 2. 计算满足空载限制的最高级别。
- 3. 对于70 W以上的PA， 计算满足满载PF限制的最高级别。
- 4. 临时ETA级别是适用的效率、空载和PF级别的最低值。
- 5. 应用所有强制性认证门限。失败的门限阻止认证；它不会转换为较低的奖章。

$ETA_{final} = \min(\text{级别效率}, \text{级别空载}, \text{级别PF})$ 以满足所有强制性门限

法规合规层

法规合规性独立于Cybenetics ETA级别进行计算。每个市场使用具有自身范围、公式、测量平面、输入条件和生效日期的版本化规则集。

Region	Rule family	Core calculation
United States	DoE Level VI / 10 CFR 430	空载加平均效率在25%、50%、75%和100%下使用适用的DOE公式
European Union – current	Regulation (EU) 2019/1782	空载及指定固定负载点的平均有功效率
European Union – from 14 Dec 2028	Regulation (EU) 2025/2052	空载， 适用时10%低负载， 25/50/75/100%平均效率， 多输出/自适应规则和互操作性
Other selected regions	GB, Top Runner, MEPS, BEE, SASO/ESMA	使用工单中选定的版本进行计算

表10 — 法规规则家族。 精确公式作为版本化规则记录维护。

合规性分离：产品可能获得强劲的Cybenetics效率结果，但如果未能满足目标市场的强制性法规要求，仍可能未获认证。两种结果均明确显示。

强制传导EMI

传导EMI是此协议下每个PA认证的强制要求。最低方法遵循EN 55032/CISPR 32 Class B，使用校准的EMI接收器和LISN。辐射EMI不在强制基础范围内，除非包含在工作单中。

操作边界：EMI采集在独立的Cybenetics EMI应用程序和实验室工作流程中执行，而非在Faganas电源适配器中进行。resulting trace package与相同的DUT、样本和报告标识符相关联。

- 在115 V / 60 Hz和230 V / 50 Hz下运行。
- 捕获并保留线路和中性线轨迹、限值、检测器设置、频率范围、设备和校准参考。
- 测试最高功率单端口配置。
- 对于多输出PA，还应测试预扫描期间确定的最差传导发射同时场景。
- 记录通过/失败及与适用限值的最小余量。
- 传导EMI失败将阻止在两个ETA级别下的认证，直到修正并重新测试。

调节、纹波和瞬态性能

负载和线路调节

在每个效率点记录输出电压。调节值按输出/配置在负载扫描和适用输入电压范围内计算。对于同时场景，每个活动输出独立评估。

纹波和噪声

纹波在输出测量平面上使用记录的带宽、探头连接和测试夹具进行测量。结果按端口/配置在10%、25%、50%、75%和100%负载及最差同时场景下记录。在安装的五输出测试台上，输出1-4同时在PicoScope 4444 #1输入A-D上捕获，输出5在PicoScope 4444 #2输入A上捕获；报告保留每个输出的示波器序列号、输入、耦合、范围、带宽和捕获ID。中等负载纹波显著高于满负载纹波时将被标记以供审查。

瞬态和重新分配测试

- 代表低至中等和中等至满负载操作的配置负载步骤。
- 在共享容量操作期间端口连接和断开。
- USB-PD/PPS电压转换、重新协商、过冲、下冲和中断时间。
- 当优先级端口变为活动或非活动状态时的电源重新分配。
- 通过/失败结果以及范围截图和机器可读测量值。同一PicoScope上的通道同时捕获。五输出事件跨越两个仪器并标记为跨范围、不同步：它支持每输出的瞬态/重新分配证据，但不用于声明两个PicoScopes之间的相位精确时间。

Protection Tests

保护行为在常温下进行测量，并在技术适用的高温条件下重复进行。每次结果存储触发值、关机结果、损坏结果、恢复方法和操作员备注。

Protection	Required coverage
OVP	对于设计允许进行受控测试的每个输出轨道/配置文件
OCP	Per physical output and shared-capacity group
OPP	正常和高温条件下的组合适配器输出
SCP	每个物理输出；确认关机/电流限制及安全恢复
OTP	Thermal shutdown behavior where implemented
Fan failure	信息性是/否/不适用字段；仅在安装风扇时需要测试

Table 11 — Protection-test coverage.

Thermal and Hot Performance

热行为是通过测量确定的，而非从安全文档中推断。在规定的环境条件下，满载和最坏多输出条件将维持至热平衡。

- 记录机箱热点、可接触表面温度、连接器和电缆温度、仪器化内部温度以及环境温度。
- 测量正常与高温条件下的效率退化。
- 保留热成像图和温度/时间曲线。
- 根据适用协议的限值，测量到的可接触表面故障将阻止认证。

Conditional Fan and Acoustic Testing

噪声测试是条件性的，不影响Rev. 1.2中的ETA效率等级。

Cooling declaration	Editor behavior	Completion rule
Fan = No	声学部分隐藏并存储为N/A — 无风扇	No acoustic blocker
Fan = Yes	声学部分、RPM字段和上传槽位已显示	Noise data are required before completion

Table 12 — Conditional acoustic workflow.

- 对于配备风扇的功率放大器（PAs），在热稳定后，通过完整的组合负载，在代表性负载点测量稳态声压和风扇转速。
- 发布负载/噪声曲线、最大噪声、相关谐波观察及风扇转速行为。
- PA声学水平仅可在拥有足够配备风扇的样品以建立可辩护的阈值后引入。

Additional Cybenetics Performance Tests

以下测试除非未来规则集修订明确纳入，否则将与ETA奖章分开报告：

- Hot-box efficiency degradation curve.
- Multi-port derating and redistribution map.
- 实际智能手机充电曲线，包括缓充和涓流行为。
- USB-PD/PPS动态行为及电压跟踪。
- Reference-cable resistance and voltage drop.
- 集成无线充电时的无线效率、对准灵敏度和线圈温度。
- 动态适配器的峰值功率持续时间和恢复时间。

采样、重复性和临界结果

1. 如果评级结果与等级边界相差0.1个百分点以内，需请求第二个样本。
2. 如果第二个样品与第一个样品的差异超过0.5个百分点，则要求进行第三个样品。
3. 每个样本保留其自身的测量值、标识符和计算结果；结果不会被另一个样本覆盖。
4. 认证记录标识样本集和用于确定发布结果的规则。
5. 异常保护、EMI、热或功能故障永远不会被平均掉。

数据质量、可追溯性和自动验证

- 原始导入的测量值和媒体哈希在接收后不可更改；修正会创建经过审核的修订。对于每个多输出点，运行存储逻辑输出ID、Chroma主框架/通道、PicoScope序列号/输入、命令负载、负载读数和捕获ID；这些路由记录与原始测量值不可更改。
- 标题值、评分和ETA级别是从源测量值和规则集版本计算得出的。
- 编辑器检查缺失的端口/配置文件、不可能的功率分配、标题/表格不匹配和不完整的强制媒体。
- 交叉电压检查会标记效率、调节、纹波和其他可比指标中115 V与230 V的异常大差异。
- 中间负载纹波显著超过附近满负载结果会被标记。
- 校准ID、仪器范围、不确定性、操作员、日期和环境条件与每次运行一起保留。
- 手动覆盖需要原因、用户身份和时间戳，并且从不更改底层原始数据。

强制认证门

Gate	必需状态	影响
适用区域能效规则	通过	失败将阻止该市场的认证
Conducted EMI	通过	适用于每个PA认证的强制要求
热/触温评估	通过	测量评估；无需上传安全文档
必需的保护测试	完整且连贯	缺失触发/结果或损坏将阻止认证
必需的电气数据（安装台架上最多五个同时输出）	完整	所有选定的端口、配置文件、输入和场景均已计入
必需的媒体/原始证据	完整	EMI traces, scope captures, tables and thermal evidence present
Unresolved functional failure	None	A failed or broken sample remains a blocker

表13 — 在初步ETA 计算后应用的强制门。

认证和报告

每个认证的PA接收与产品、样本集、方法论修订和规则集版本相关的单独ETA-230V和ETA 115 V结果。公共报告和数据库必须提供足够的细节以理解结果，而不会泄露私有工作订单信息。

- 产品标识、输入额定值、功率等级、连续/保证/峰值功率和冷却类型。
- 完整物理端口、固定配置、PD/PPS和共享容量映射。
- ETA等级和115 V及230 V下的效率结果。
- 单端口模块、多端口模块和整体比较效率。
- 每端口/每配置效率曲线和标准化多输出场景。
- 空载、连接空闲和满载PF结果。
- 区域合规结果，含规则集版本和生效日期。
- 强制EMI轨迹、通过/失败结果和余量。
- 调节、纹波、瞬变、PD/PPS和保护结果。
- 正常/热态热结果、温升和热成像。
- 条件性风扇/噪声结果或明确的N/A — 无风扇状态。
- 设备、校准、不确定度、测试日期、分析员和授权记录。
- 对于协商输出，夹具资产/修订、协议模式、F/V操作、请求配置/电流、电缆ID、验证的空载电压和夹具接受限值。

规则集版本化和Beta校准

表格6–9中的ETA阈值仍为初步建议。它们必须作为版本化数据而非硬编码应用程序常量实现。每个规则集记录修订、生效日期、输入电压、功率等级、效率阈值、空载限值、PF限值和适用门限。

在测试阶段，Cybenetics应审查按功率等级、端口数量和拓扑结构划分的用户分布。任何重新校准都会创建新的规则集；先前发布的报告保留其原始计算结果，除非明确以更新的修订版本重新发布。

参考文献

- [1] 美国能源部，外部电源能效标准，DoE Level VI，10 CFR Part 430 及附录Z。
- [2] 《欧盟委员会法规》(EU) 2019/1782，外部电源的生态设计要求。
- [3] 《欧盟委员会法规（EU）2025/2052》，关于外部电源适配器、无线充电器、无线充电垫、电池充电器和USB Type-C线缆的生态设计要求。
- [4] EN 50564:2011 / IEC 62301，待机和空载功率的测量。
- [5] EN 55032 / CISPR 32, 电磁兼容性多媒体设备 — 辐射要求。
- [6] EN/IEC 61000-3-2，谐波电流发射限值。
- [7] IEC 62368-1，音视频、信息和通信技术设备——安全要求及可接触表面温度限值。
- [8] USB Type-C Cable and Connector Specification, Release 2.4.
- [9] USB Power Delivery Specification, Revision 3.2, Version 1.1.
- [10] Cybenetics ETA 和 LAMBDA 认证方法，www.cybenetics.com。
- [11] On-Bright OBPD011 产品页面及制造商操作图片，<https://www.on-bright-gz.com/goods-377.html>（访问日期：2026年7月18日）。
- [12] Cybenetics, On-Bright OBPD011 USB-C Fast-Charge Test Fixture - English Operator Guide and Faganas Power Adapters Bench Methodology, Revision 1.0, July 2026.