AC-DC 电源的完整 Cybenetics 测试规范，涵盖能源效率、输出噪声与整体性能计算

修订版 **5.2**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

塞浦路斯，尼科西亚

2026 年 11 月

修订历史

版本	发布日期	备注
1.0	2020 年 2 月	初稿
1.1	2020 年 3 月	整体性能算法更新
1.2	2020 年 6 月	噪声测量流程更新
1.3	2020 年 7 月	新增本底噪声计算
1.4	2020 年 8 月	新增漏电流设备并更新 EMI 设备
1.5	2021 年 1 月	部分定义的修改
1.6	2021 年 5 月	负载调整率计算的修改及其他小幅修正
1.7	2021 年 9 月	小幅修改
1.8	2021 年 9 月	修正 Eq10 说明中的一处错误，更新 PSU 时序说明，修改 Eq12
1.9	2021 年 11 月	新增冗余式 PSU 的效率与 PF 计算，并作出更多修改以引入 ATX12VO 电源
2.0	2022 年 5 月	为兼容 ATX v3.0 的 PSU 新增瞬态响应测试
2.1	2022 年 6 月	修正 Eq 8 中的一处笔误
2.2	2023 年 1 月	对性能计算算法和示例作出修改
2.3	2023 年 2 月	性能计算算法的修改（ATX v3.0 瞬态响应加分）
2.4	2023 年 2 月	修正性能计算示例中的一些笔误
2.5	2023 年 3 月	ATX v3.0 测试流程更新
2.6	2023 年 5 月	5VSB CL 测试负载改为 3 W
2.7	2024 年 1 月	OCP 加分的修改
2.8	2024 年 6 月	小幅修改
2.9	2024 年 9 月	新增风扇失效加分和 ATX v3.1 引用。维持时间的澄清说明。
3.0	2024 年 9 月	新增本底噪声截图。其他小幅修改。
3.1	2025 年 4 月	新增交流输入保护功能评估测试。
3.2	2025 年 6 月	新增 PSU 线材线规要求
3.3	2025 年 8 月	新增 PSU 线材类型
3.4	2025 年 8 月	新增 EMC 预合规与不确定度计算
3.5	2026 年 1 月	公式引用的规范化、EMI/EMC 术语的澄清、图与表标题的一致性
3.6	2026 年 2 月	新增噪声测量说明与 Faganas 软件验证。不确定度修正。所用设备升级。新增峰值功率偏移测试方法学。
3.7	2026 年 6 月	新增突发活动指数（BAI）方法学。
3.8	2026 年 6 月	在峰值功率偏移一节中新增瞬态响应测量方法学小节（交流耦合跌落采集与 Vmin = Vbefore − Drop_V 重构）
3.9	2026 年 8 月	测量不确定度更新为当前受控预算（P19）。
4.0	2026 年 8 月	文件管控：封面日期现已与所载修订版一致。测试条件已澄清：30 °C（±2 °C）的环境温度为起始设定值，热箱在测试结束时达到 32-34 °C，此点效率测量流程一节原已载明。

版本	发布日期	备注
4.1	2026 年 8 月	时间说明澄清：超过 1450 种负载组合为 28-32 °C 下的 CL 测量，每个负载水平约五秒；而四到十分钟的停留时间属于在高环境温度下进行、仅供参考的常规负载测试。保护功能加分修正：OCP 加分按每条输出轨授予，因此完全符合的加分为 2.25 分而非 1.75 分。测量值、测试与已发布评分均未变更。
4.2	2026 年 8 月	保护功能：加入说明，保护功能结果仅用于评分，并非安全性评估；Cybenetics SAFE 为独立、自成体系的认证，并未被 ETA、LAMBDA 或整体性能评分涵盖、隐含或取代。新增参考文献[16]。测量值、测试与已发布评分均未变更。
4.3	2026 年 8 月	参考文献[16]改为不注明版次。原载 Cybenetics SAFE 标准为修订版 1.6，而该标准于同日稍后之修订已使其过时。由于该文件亦回头引用本文件，双方采用注明版次之引用无法收敛——后发布者必使先发布者失准。[16]现仅列 SAFE 标准名称而不注明版次，恒指其现行修订版。测量值、测试与已发布评分均未变更。
4.4	2026 年 9 月	精确载明认证测试之环境温度。原有叙述将热箱描述为自 30 °C（±2 °C）开始并于每次测试结束时达到 32-34 °C，等同将例外情形描述为通则。产生认证结果所依据的受控条件为 30 °C（±2 °C）；对于高功率机型，其散热量可能超出热箱的冷却能力，环境温度于测试接近结束时可能上升至 32-34 °C。现已同时载明两者。测量值、测试与已发布评分均未变更；35-45 °C 的高温测试与 23-28 °C 的尖峰功率条件不受影响。
4.5	2026 年 9 月	测量不确定度已更新至当前受控的不确定度预算（P19）。效率测量的不确定度现为±0.43%，依据涵盖四个测试平台与三个测量时段、共 48 次运行且每次运行间完全拆除与重建的实验室内再现性基础重新推导。由于所报告的结果为单次测量，A 类分量即为再现性标准差本身。噪声与传导性 EMI 保持不变。
4.6	2026 年 9 月	已修正对其他方法的两项夸大陈述。本程序原称现有标准会进行“三至四”次测量；目前公布的 80 PLUS 方法为台式机电源列出七种负载条件，其中六种为带载条件，因此现改述为少数几个固定负载点。本程序还曾声称，宽范围的负载扫描会使制造商“不可能”针对指定负载级进行调校；如此规模的扫描会大幅增加选择性调校的难度，但并非不可能。任何测量值、测试或已公布的评级均未变更。在德文版和中文版中，另有四个段落因先前未通过翻译记忆库翻译而重新翻译；其含义未变。

版本	发布日期	备注
4.7	2026 年 9 月	已修正文件版式：封面仅保留标题区块与标志，修订历史从第 2 页开始，移除重复或未翻译的目录标题，并改善表格分页。任何测量值、测试与已公布的评级均未变更。
4.8	2026 年 9 月	突发活动指数（BAI）方程已修订。得分现由超出固定死区的输入功率样本的稳健离散驱动，先前的间隙项以加和方式保留；新增 IQR 和 CVrobust 的定义；测量条件现要求经确认的采集配置文件、已完成窗口阈值以及对不可用测量的明确报告。在早期修订版下发布的 BAI 结果与本修订版下的结果不可比。其他测量值、试验或已发布评级均不变。
4.9	2026 年 10 月	测试报告示例已替换为当前的报告（#3425）。参考资料已于 03-10-2026 重新检查：移除了不再属于 SSI Forum 的网站链接，更新了已移动的 IEEE 链接及访问日期。
5.0	2026 年 10 月	采用 IEC 62301:2026 作为空载待机输入功率的参考，说明实验室实现及资格确认的限制，并区分有负载的 5VSB 效率。更换输出噪声测试配置图，并明确规定电源侧面的朝向。修正噪声能量平均的文字及 ECMA-74 / ISO 11201 的版本引用。测量值、测试结果、测量不确定度及已公布的评级均未变更。
5.1	2026 年 10 月	噪声测试配置说明中的传声器角度已修正为 30° 至 45°，与配置图一致。测量值、测试、测量不确定度及已公布的评级均未变更。
5.2	2026 年 11 月	新增了仅供参考的负载区间效率、功率因数和噪声结果以及高负载指数。未改变任何测量值、测试、不确定度或已发布评级。

目录

定义 8
交流信号 8
环境温度 8
视在功率 8
AWG 8
直流信号 8
效率 8
PSU 8
IEEE Std 1515-2000 8
ATX 规范 9
输出电压纹波 9
真实功率因数 9
波峰因数 9
输出轨或直流母线 9
额定交流输入电压范围 9
额定直流输出电压 9
额定直流输出功率与电流 9
RMS（均方根） 9
稳态 10
总谐波失真（THD） 10
UUT 10
前言 11
测试配置与测量条件 11
测试设备要求 11
测试设备 13
测量软件 – Faganas ATE 14
Faganas 软件功能 14
输入电压与最大瓦特输出 15
测试条件 15
效率测量流程 16
突发活动指数（BAI）方法学 19

目的与范围 19
BAI 定义 19
测量条件 19
公式 19
解释 20
与其他指标的关系 20
线圈啸叫相关性 20
输出噪声测量流程 20
本底噪声计算 21
输出噪声测量测试配置 23
ISO 7779 / ECMA-74：1 m 距离、1.5 m 高度处的旁观者传声器 25
标准中的传声器入射角（30° 至 45°） 26
ISO 11201:2010 – 自由场声压法支持该配置 26
结论 – 公认标准与替代方案 26
EMI 发射 – 说明与设备 27
EMI 发射 – 能力验证与 Cybenetics 证书 28
EMI 发射 – CISPR 32 / EN55032 限值 29
EMI 发射 –EMI 结果（合格/不合格示例） 30
峰值功率偏移（ATX v3.x 与 PCIe 5.x 规范） 31
目的与范围 31
参考文献 31
定义 31
设备（最低要求） 32
测试条件 32
负载分配 32
所要求的偏移曲线 32
分步流程 33
瞬态响应测量方法学 34
核心思想：测量跌落，而非整个信号 34
基准值：初始（Tc）电压 34
综合起来 35
为什么这比仅用示波器进行绝对采集更准确 35

合格/不合格判据 35
需记录的数据（报告的最少字段） 35
PSU 线材要求 36
整体性能计算 37
负载调整率 37
纹波抑制 38
瞬态响应 38
开机瞬态电压过冲 39
平均效率 40
最大额定容量 2% 负载下的效率，或 10W 负载下的效率（适用于 <500W 的 PSU） 40
5VSB 平均效率 40
待机功耗 40
平均 PF 40
维持时间 40
Power-ok 信号 41
容量 41
PSU 时序 42
PSU 保护 42
整体性能评分计算 43
整体性能评分计算示例 44
负载区间结果（仅供参考） 46
这些结果是什么 46
我们如何计算它们 48
冗余电源 49
为什么它们重要 49
如何阅读结果 51
限制 52
测试报告示例 53
不确定度评估 – 效率/噪声/EMI 53
结语 56
参考文献 57

定义

交流信号

极性以时间周期 T 变化且平均值为零的时变信号。[1]

环境温度

紧邻被测单元（UUT）周围的环境空气温度。[1]

视在功率

RMS 电压与电流的乘积（VA），也称为总功率。

AWG

AWG（American Wire Gauge，美国线规）是美国用于测量导电线材直径的标准化体系。线规编号与线材粗细成反比：AWG 数值越大，线材越细。它常用于住宅、电子产品和工业应用中的电气布线。

直流信号

极性与幅值不随时间变化的信号。[1]

效率

效率定义为直流输出总功率（所有工作输出轨上 V×I 之和）与在 PSU 输入端测得的交流输入有功功率之比，以百分比表示。测量在规定的稳态工作条件下进行，所用仪器经过校准并可溯源至 SI 单位。扩展不确定度按 JCGM 100:2008 计算，并以 k=2（约 95% 置信度）报告。

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \; x \; 100$$

输入功率（Pin）包含 UUT 冷却风扇所需的功率。

PSU

电源（Power Supply Unit），根据其类型将一种电压转换为一路或多路直流电压输出。例如，具有多路直流电压输出（输出轨）的 PSU 主要用于台式电脑。

IEEE Std 1515-2000

IEEE Std 1515 [1] 是一种基础规范语言，提供参数定义、测试条件和测试方法。它并不试图对规范本身进行标准化，而是提供一个基础，使各方能够在同等条件下使用同一种语言进行交流。该标准已于 2019-11-07 撤销 [https://standards.ieee.org/ieee/1515/2255/]，但由于其中若干定义仍然适用，我们决定继续采用。

ATX 规范

ATX（Advanced Technology eXtended）是 Intel 于 1995 年制定的主板与电源配置规范，旨在改进此前的 AT 设计等事实标准。[6]

输出电压纹波

叠加在直流或低频交流电压上的最大交流电压，以峰峰值电压表示。其目的是表征与输出开关频率（或输出开关频率的两倍）处开关动作相关的残余分量。

真实功率因数

真实功率因数是有功（实际）功率 P（单位为瓦特）与视在功率 S（单位为伏安）之比

$$PF = \frac{P}{S}$$

波峰因数

波峰因数是峰值电流与 RMS 电流之比（或峰值电压与 RMS 电压之比）。例如，对于纯正弦波形，波峰因数为 1.414；而对于纯恒定直流负载，波峰因数为 1.0。

输出轨或直流母线

PSU 中向所连接系统供电的任一路直流输出。多路输出 PSU 的标准输出轨为 +12V、+5V、+3.3V、+5VSB，而按照最新的 ATX 规范，-12V 为可选。

额定交流输入电压范围

输入电压范围（最小/最大）由 UUT 制造商提供，标示在 UUT 的电源铭牌上。

额定直流输出电压

说明

额定直流输出功率与电流

额定直流输出功率与电流是指 PSU 在规定环境温度下其各输出轨所能提供的最大负载。制造商为 PSU 的每一路输出轨提供直流输出功率和电流值，并标示在电源铭牌和包装上。因此，若两者存在任何差异，我们始终以 PSU 上的电源铭牌为准。

RMS（均方根）

在整个周期内对函数值的平方取平均后再开平方根。例如，正弦波的 RMS 电压值可按下式计算：

$$Vrms = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V^2(t)dt}$$

式中 T 为波形的周期，

V(t) 为时刻 t 的瞬时电压

VRMS 为 RMS 电压值。[1]

稳态

系统的一种工作状态：按照系统传递函数的定义，被观测变量对输入或其他激励作出响应后已达到平衡状态。就电源而言，这可能表现为系统输出保持在某一恒定的电压或电流值。[1]

总谐波失真（THD）

总谐波失真（THD 或 THDi）[7] 用于衡量信号中存在的谐波失真，定义为所有谐波分量功率之和与基波频率功率之比。

UUT

UUT 是 “Unit Under Test”（被测单元）的缩写，指受测的 PSU 样品。

前言

本文旨在清晰阐述我们的方法学与测试流程，不仅针对效率和噪声输出结果，也涵盖 PSU 所有重要的性能方面，包括纹波抑制、瞬态响应、维持时间、涌入电流等。

对于希望检验自身产品是否符合我们效率与噪声标准（ETA 与 LAMBDA）的所有品牌和制造商而言，本文都是极佳的信息来源。此外，正如 ISO17025:2017 [8] 所要求的那样，本文使每一家配备适当设备的实验室都能够验证我们的结果。进一步而言，两家拥有校准设备、具备相同能力并能提供相近结果准确度的实验室，只要遵循相同的方法学，就应当得出一致的结果。Cybenetics 是一家认证机构，它将接受所有通过 ISO17025 认证、并按照所提供方法学获取必要数据的实验室所出具的结果，ETA 与 LAMBDA 认证正是由这些数据得出。但这些实验室首先必须通过 Cybenetics 的评估。

迄今，现有的效率标准存在许多缺陷，其中包括测量次数有限（通常仅为少数几个固定负载点）、进行测试时的环境温度非常低、完全未测量待机输出轨，以及未提及用于进行测量的设备。尤其是最后一项极为重要，因为每份妥善的测试报告都宜列明用于进行所有测量的设备。

有人可能会认为，每款型号只测试一到两个样品并不充分，特别是考虑到量产过程中可能发生变更。然而，对于参与 CybenPass 计划的品牌而言，这一顾虑已得到有效解决。

CybenPass 能够以更低的成本进行多样品评估，使 Cybenetics 可以测试不同生产阶段的多台样机——从早期工程样品到最终零售版本。这确保了对每款型号的评估更具代表性。

与此同时，Cybenetics 持续关注真实用户的反馈。如果有人报告零售产品与最初受测样品之间存在任何差异，我们会立即采取行动，包括要求重新送交该特定型号进行再评估。

此外，近期最重要的改进之一是所有报告中都包含了详细的用料分析。这种透明度使任何元件层面的变更——无论涉及平台、电容、控制器还是散热——都能被迅速识别。因此，即便是细微的生产变更也无法长期不被察觉。

测试配置与测量条件

测试设备要求

所要求的设备均经过校准，其最低要求如下：

1) 交流电源（可编程）

- **电压/频率：90–264 Vac（或更宽），45–65 Hz（或更宽），正弦输出，低失真（须规定 THD 限值）**
- **功率能力：≥ 4 kVA 连续输出（可覆盖大功率 PSU 并留有余量）**
- **调整率：≤ ±0.5%（V）电源/负载调整率（或更优）**
- **测量/监控：输出 V/I/P 回读，并具备有据可查的准确度**

2) 直流电子负载（多通道）

- **模式覆盖：CC（必需），另加 CR/CP 与动态/脉冲模式（推荐用于 ATX 瞬态测试）**

- **准确度（每个通道）：**
    - 电流设定/测量：≤ ±0.2% rdg（或更优）
    - 电压测量：≤ ±0.1% rdg（或更优）
- **分辨率：电流分辨率应足够精细以支持低负载测试点（例如，小电流输出轨上达到 0.01 A 等级）**
- **动态性能：可编程阶跃负载，其上升/下降时间与压摆率有据可查，且满足所用瞬态测试方法的要求**

3) 功率分析仪（效率 + 电能质量）

- **功率/电能准确度：在用于效率测试点的工作范围内 ≤ 读数的 ±0.1%（推荐）**
- **采样/带宽：足以测量现代 PSU 的波形（PFC、谐波）；须规定最小测量带宽**
- **功能：有功功率（W）、VA、VAR、PF、Vrms/Arms、谐波/THD（按所用方法适用）**

4) 示波器/波形采集（纹波、瞬态、维持时间、时序）

- **模拟带宽：≥ 100 MHz（观察 PSU 纹波/瞬态的典型最低要求；按所用方法设定）**
- **采样率：≥ 1 GS/s（若采用更低采样率，须以有据可查的带宽/混叠控制作为依据）**
- **垂直分辨率：≥ 8-bit（更高更佳）+ 低噪声前端**
- **探头：适用于 mV 级纹波的差分/低噪声探测；须规定探头带宽与 CMRR**
- **时基准确度：须予以规定并经过验证**

5) 声学测量链路（Lambda/噪声测试）

- **声级计/分析仪：IEC 61672-1 Class 1（或等效），具备 LAeq/记录功能**
- **传声器：兼容 Class 1，自噪声经记录且足够低以满足本底要求，并附校准数据**
- **声校准器：IEC 60942 Class 1（推荐），用于测试前后的核查**

6) 温度测量（PSU + 环境）

- **准确度：≤ ±0.5 °C（或由不确定度预算予以论证）**
- **分辨率：0.1 °C 等级**
- **传感器：类型/布置须明确；响应时间应与稳定判据相适应**

7) 转速表（风扇 RPM）

- **量程：覆盖 0–10,000+ rpm**
- **准确度：≤ ±1% rdg（或更优）**

8) DMM（辅助电压/电流核查）

- **DCV 准确度：≤ ±0.01% rdg 等级（台式 DMM）**

- **用途：抽查、输出轨/传感器的交叉验证**

9) 供电连续性（UPS）+ 隔离变压器

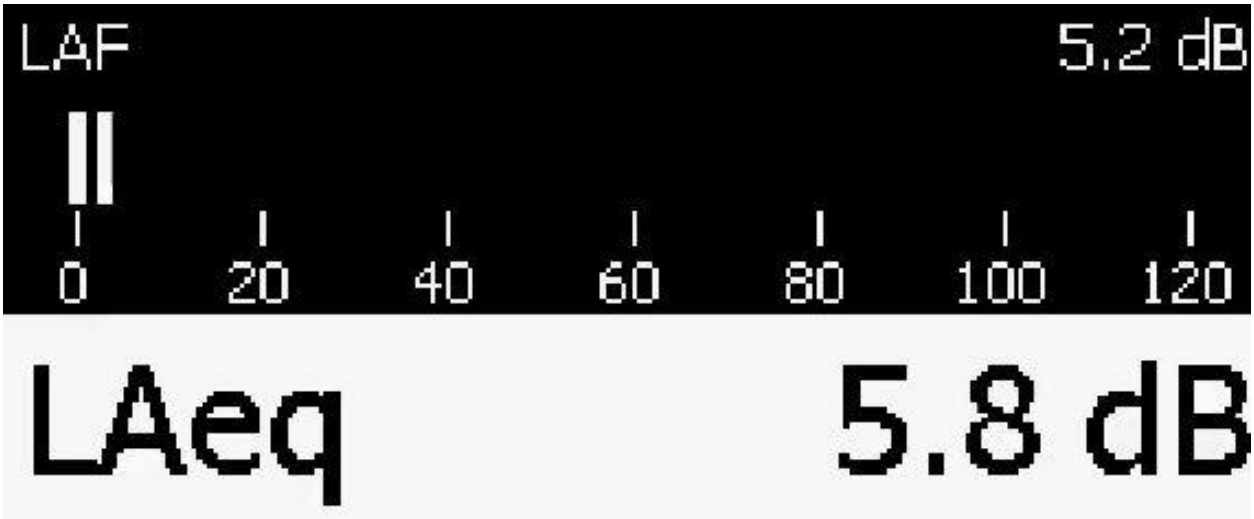
- **UPS 容量：应足以避免测试期间发生切换事件（≥ 实验室峰值负载；须包含续航时间规格）**
- **隔离变压器：≥ 4 kVA**

测试设备

所有测量均使用多套配置齐全的 Chroma 63600 **工作站**进行。每套可提供超过 4 kW **的**负载能力，包含两台 63601-5 **和一台** 63600-2 **主机。此外，上述每台主机各装**载十个 63640-80-80 [400 W] 电子负载以及两个 63610-80-20 [100 W x2] **模**块。

我们使用的交流电源包括：最大输出功率 3 kW **的** Chroma 6530、**最大**输出功率 4 kW **的** Keysight AC6804B、**最大**输出功率 4 kW **的** APM SP300VAC4000W-P，**以及最大**输出功率 5 kW **的** GW-Instek ASR-3500。**所有交流**电源均通过大功率隔离变压器接入市电网络。最后，我们使用在线式 UPS 设备对交流电源加以保护。

我们其余的设备包括 Picoscope 4444 **和** Siglent SDS2104X PLUS **示波器**、Picotech TC-08 热电偶数据记录仪、Keysight U1273AX **万用表，以及基本准确度**为 0.05% **的** Rohde & Schwarz NPA701 **和** HMC8015 **功率分析**仪。我们还使用多台 UNI UT372 转速表。



噪声测量使用 1 级 Bruel & Kjaer 声学分析仪（2270 G4 与 2250-L G）进行，配备 4955-A 型低噪声自由场传声器，最低可测至 5 dB(A)（我们还配有 4189 型传声器，其 A 计权动态范围为 16.6-140 dBA）。声学分析仪安装于半消声室内，本底噪声接近 6 dB(A)。每次噪声测量前均使用 Bruel & Kjaer Type 4231 对声学分析仪进行校准。

由于我们的实验室配备了 TekBox TBMR-110M EMI-ANALYZER（1Hz - 110MHz），因此可以进行电磁兼容性（EMC）评估。在该测试中，我们还使用 Tekbox TBL5008-2C LISN 将市电与被测设备（DUT）隔离。为在必要时定位 EMI 源，我们备有一套 Tekbox EMC 探头（TBPS01）和一台 TBWA2 宽带放大器。

测量漏电流时，我们使用 GW Instek GLC-9000 漏电流测试仪。

测量软件 – Faganas ATE

我们方法学的一个关键组成部分，是与所有所用设备（甚至包括热箱）相连的控制与监控软件。这款应用程序已开发十年之久，包含数千行代码。我们最近使用 C# 重新编写了该应用程序，以使其符合现代编程趋势。

除了采集、存储全部数据，并能以任何符合我们要求的形式将其导出之外，它最重要的功能之一是能够对我们获得的所有读数取平均值。在高环境温度下进行、仅供参考的常规负载测试中，我们会在每一个不同的负载水平下检测四到十分钟，在此期间我们并非随意选取读数，而是采集全部读数并以平均读数作为最终结果。这是获得高准确度结果的唯一途径。此外，随着电源内部温度升高、PSU 线材电阻发生变化，因温差而出现电压、负载以及负载和效率上的差异是很自然的。因此，最好的做法是将整个测试过程中的所有读数都纳入考虑，并以平均值作为最终结果。

Faganas 软件功能

Faganas 不执行原始电气测量。所有电气量（交流电压、交流电流、交流输入功率、直流输出轨电压、直流输出轨电流、功率因数和风扇转速）均由外部经校准的仪器进行测量、数字化和数值处理。

Faganas 通过数字接口接收最终的数值读数，仅执行记录、时间对齐、汇总和二次计算。

Faganas 的作用是数据采集、汇总与报告层。所有电气量与机械量均由经校准的外部仪器测量和计算。Faganas 不会修改、缩放或重新解释仪器读数；因此验证的重点在于数据完整性、时间一致性，以及由仪器上报值导出的二次计算的正确性。

功能	责任方
电压测量	仪器
电流测量	仪器
功率计算	仪器
PF 计算	仪器
风扇转速测量	仪器
采样与 ADC	仪器
数值缩放	仪器
数据传输	仪器 + Faganas
时间对齐	Faganas
数据记录	Faganas
导出指标（效率、求和）	Faganas
报告	Faganas

输入电压与最大瓦特输出

除 115 V 和 230 V 外，我们还在 100 V 下进行测试，以检验 PSU 在较低输入电压下的表现。由于我们会在接近 45°C 的高环境温度下对所有 PSU 施加严苛考验，因此避免使用更低的输入电压（例如 90V）进行测试，因为 PSU 一旦失效也可能损坏与其直接相连的功率分析仪。不过，通过提高热箱内部温度并施加高于标称值的负载，我们已经对 DUT 施加了巨大压力，尤其是在 100 V 输入下，从而模拟出一些最恶劣的真实使用场景。

我们依据 PSU 的铭牌来确定其最大瓦特输出。对于声称能在 50°C 下持续满载输出的 PSU，我们还会在工作温度超过 45°C 的条件下进行 110% 最大额定容量负载的测试。

测试条件

效率与噪声输出测试是在热箱内受控的 30 °C (±2 °C) 环境温度下进行。认证结果即在此条件下产生。对于高容量 PSU，其散热量可能超过箱体的冷却能力，因此环境温度在测试接近结束时可能升至 32-34 °C。全程监测环境温度。我们还会在 35-45°C (±2 °C) 的较高环境温度范围内进行测试。

效率测量流程

与仅在少数几个固定负载点进行测量的现有方法不同，我们在 DUT 上施加超过 1450 种不同的负载组合。这些是 CL（组合负载）测量，测量时将热箱内的环境温度控制在 30 °C (±2 °C)，且每个负载级别保持约五秒。整个流程总共持续约两个半小时。整体效率或平均效率是所有测量结果的平均值，涵盖 PSU 的整个工作范围；但冗余 PSU 除外，对其我们测量 PSU 工作范围的 2-100%。这样一来，制造商便更难针对某些特定负载级别调校产品，因为实质上，我们考量的是更多不同负载组合下的效率，这些负载组合均匀分布在整个负载范围内。除效率外，我们还测量电压、纹波、功率因数、噪声和温度。

对于 ATX12V 电源，我们力求在 5V 和 3.3V 上至少设置 20 个不同的负载水平。同时，我们在 +12V 上设定适当的负载步进，使 +12V、5V 和 3.3V 上的负载组合总数至少达到 1450 种。最后，我们在 5VSB 上施加 0.6A 的恒定负载，而不再处理 -12V，因为最新的 ATX 规范已不再要求该输出轨。

在仅有一路主输出轨和一路待机轨的冗余式和 ATX12VO 机型中，我们以 1W 为步进增加待机轨上的负载；因此，若该输出轨容量为 15W，我们就施加 15 个不同的负载水平（每次增加 1W），同时在主输出轨上设定适当的负载步进，以获得至少 1450 种不同的负载组合。

下面以代码形式给出用于推导 ATX12V 电源各输出轨负载水平的算法说明。对于仅有两路输出轨（主轨和待机轨）的机型，我们使用更为简单的算法。在给定我们所选的 +12V 与 5V/3.3V 瓦特步进输出后，输出表中包含所有可能的负载组合。我们还设有一项针对各输出轨最小施加负载的条目。某些在二次侧采用群组调压方案的旧款 PSU，在 +12V 零负载而次要输出轨满载（或反之）的情况下无法正常工作。最后，在这些测试全程中 5VSB 上的负载保持不变。我们这样选择有两个原因：其一，这是一路待机轨，在 PSU 运行时很可能不会被使用；其二，如果在下面所示的算法中也纳入该输出轨，相应的测试时间将大幅延长。

```
Max_12V_load =  PSU_12V_max_power - V12_min_load
Max_5V_load = (Minor_Rails_Max_Combined_Load /5) *3
Max_33V_load = (Minor_Rails_Max_Combined_Load /5) *2

Load_steps_12V := round(Max_12V_load / Watts_12V_step)
Load_steps_5V := round(Max_5V_load / Watts_5V_33V_ step)
Load_steps_33V := round(Max_33V_load / Watts_5V_33V_ step)

for i := 0 to Load_steps_12V do
      for k := 0 to Load_steps_5V do
      {

        l := k;
        if l > Load_steps_33V then l := Load_steps_33V

        total12V:= V12_min_load + Watts_12V_ step * i
        total5V = V5_V33_min_load + Watts_5V_33V_ step * k
        total33V = V5_V33_min_load + Watts_5V_33V_ step * l

        if total12V + total5V + total33V <= PSU_Max_Power then
        {
          j = j + 1;
          //Row Number
          Load_combinations_table.Cells[0, j] = j
         // 12V load
          Load_combinations_table.Cells[1, j] = total12V
          // 5V load
          Load_combinations_table.Cells[2, j] = total5V
           // 3.3V load
          Load_combinations_table.Cells[3, j] = total33V

        }
       }
```

我们的方法所提供的大量数据，使我们能够在需要时快速修改效率认证计划。最后，我们将 PSU 置于热箱内，在受控的 30 °C (±2 °C) 条件下进行测试，以模拟机箱环境并贴近实际使用条件。

吸血鬼功耗（5VSB 输出轨空载时的功耗）在 ATX12V 和 ATX12VO 机型中极为重要，因为这部分能量全部被白白浪费，而且大多数 PC 系统并非 24/7 持续运行，这意味着在一天中的相当一部分时间里，PSU 只是在消耗能量而不做任何有用的功。我们采用 IEC 62301:2026 [2] 作为空载待机输入功率测量的参考。如果 DUT 不符合我们的标准，它将被自动降至下一个较低的效率认证等级。在我们的实验室程序中，DUT 的交流输入已连接，电源开关已开启，主要输出已禁用，且待机输出轨未施加外部负载。测量使用功率分析仪内置的 IEC 62301 应用程序执行。留存的分析仪报告标明采用 Sampling Method。操作人员等待至少 15 分钟，若测试失败则重复测试，并将分析仪的 HTML 报告保存至 USB 存储设备，再转存至本地存储空间。在此过程中，如果交流输入的 THD 读数超出规格，该结果会被应用程序判定为无效。报告保留平均功率、测试时长、仪器配置及市电质量检查结果。在分析仪

／软件实现、留存的采样数据、稳定性评估及待机功率测量不确定度按该版本完成资格确认之前，不宣称完全符合 2026 版。

除上述所有内容外，ETA 还将考虑待机输出轨的平均效率。我们以 0.05 A 为步进测量该输出轨直至其最大电流输出的效率，并以所有测量结果的平均值作为最终效率结果。因此，我们期望所有 PSU 在该输出轨上的平均效率输出超过 70%，而对于进入 ETA 计划最高等级的机型，这一门槛还会更高。

此有负载的待机输出轨效率扫描与空载待机输入功率测量不同。

突发活动指数（BAI）方法学

目的与范围

突发活动指数（BAI）表征电源在轻载下输入功率的变化程度。与效率、PF、纹波或波峰因数测量不同，BAI 评估的是电源是否反复偏离其自身的平均输入功率——即非连续 ON/OFF 能量传输的特征——以及在指定采集配置文件的时间分辨率下该行为的严重程度。它是一项分析仪分辨率级的活动指标：它不能证明某单元在物理上无突发，不能识别造成该行为的转换器拓扑，也不能测量线圈啸叫。

BAI 定义

PAR（峰均比）：PAR = Ppeak / Pavg，其中 Ppeak 为测得的最大输入功率，Pavg 为同一观测窗口内的平均输入功率。

IdleFraction：在整个观测时间中输入功率低于所定义空闲阈值的时间占比。

PF_Window：已完成观测窗口的功率因数，由该窗口内每个有效样本累积的有功功率和视在功率导出。AvgAbsPfDelta 针对这一唯一的已完成窗口值进行评估，而非针对运行估计值。

AvgAbsPfDelta：瞬时 PF 与 PF_Window 之间的平均绝对偏差。

IQR（四分位距）：IQR = Q3 - Q1，其中 Q1 和 Q3 为在观测窗口内记录的输入功率样本的第 25 和第 75 百分位数，通过经排序样本之间的线性插值获得。

CVrobust（稳健变异系数）：CVrobust = (IQR / 1.34898) / Pavg。该除数将四分位距转换为标准差等效尺度。采用稳健尺度代替标准差，因为观测窗口较短；否则单个异常样本将主导结果。

测量条件

BAI 测量在低负载运行期间进行。输入功率样本应在完整观测期间内连续记录并评估。观测窗口、采样节拍、分析仪测量速度、滤波和量程应在经确认的采集配置文件中固定，并随每个结果一并标明；未经等效性测试，在不同采集配置文件下获得的结果不得视为可互换。已完成窗口中的每个样本应针对由该窗口自身平均值导出的单一空闲阈值进行分类，且 AvgAbsPfDelta 应针对已完成窗口的 PF_Window 进行评估；不得使用运行或增量参考，因为它们会使结果取决于样本到达的顺序。未携带采集配置文件规定的可接受样本最小数量的窗口，或其平均输入功率未超过空闲阈值下限的窗口，应报告为不可用，而非报告为零。

公式

$$BAI_{raw} = max(0, CVrobust - 0.015) + max(0, PAR - 1.0) \times IdleFraction$$

$$BAI_{withPF} = BAI_{raw} \times (1 + AvgAbsPfDelta)$$

$$BAI_{0-100} = 100 \times (1 - e^{-k \times BAI_{withPF}})$$

推荐的缩放常数为 k = 5.0。为保持报告与认证数据库之间的可比性，k 因子应在所有电源评估中保持固定。离散死区为 0.015，与 k 一样，应在所有电源评估中保持固定。

重要说明：IdleFraction 为零不再强制得分为零：在没有任何样本低于空闲阈值的情况下，超出死区的实测离散也会产生非零 BAI。先前定义将整个得分门控于空闲项，而该空闲项在指定采集配置文件的采样分辨率下不可观测，因此每次评估均返回零——包括输入功率变化显著的单元。BAI 为零表示在所述采集条件下本方法灵敏度之上无活动，不得将其描述为无突发运行的证明。未能完成的测量应报告为不可用，绝不应报告为零。截至 4.7（含 4.7）的各修订版下发布的结果均由已被取代的间隙门控方程产生，与本修订版下的结果不可比。

解释

BAI 得分按以下等级进行解释：

BAI 得分	分类
0 – 5	无突发/极其平滑
5 – 20	轻微突发活动
20 – 50	中等突发行为
50 – 75	激进的突发模式
75 – 100	严重的突发行为

与其他指标的关系

波峰因数评估的是瞬时波形的尖锐程度，PAR 评估的是功率随时间的变化，而 BAI 评估的是实际的突发模式行为。这些指标相互补充，不应互换使用。

线圈啸叫相关性

BAI 并不直接测量线圈啸叫。然而，BAI 数值越高，表明突发模式活动越强，这可能会增加由突发引发声学激励的概率。

输出噪声测量流程

正如我们在效率测量流程中已经提到的，我们在 DUT 的各输出轨上施加至少 1450 种不同的负载组合，同时监控包括风扇转速在内的所有关键数据。掌握风扇转速范围数据后，我们以尽可能小的间隔进行噪声测量，从而获得高准确度并覆盖整个范围。例如，如果风扇转速范围为 400-2000 RPM，我们就以 50 RPM 为间隔进行噪声测量。

噪声测量在半消声室内进行，此时 DUT 处于关闭状态，其风扇连接到外部电源，施加达到所需风扇转速所需的电压。此外，风扇转速由转速表持续监测。通过这种方式，我们可以排除第三方噪声，包括电子负载的噪声。

我们制作一张表格，记录以 RPM 表示的风扇转速及该转速下对应的噪声。随后，我们的软件会查阅负载测试期间采集的全部数据，并利用上表为每一个风扇转速值指定一个分贝值。

所报告的 A 计权声压级的确定，基于按照 ISO 7779 [9] 和 ECMA-74 [11] 进行的声压级测量。由于以分贝表示的声压级是对数量，直接对不同工况下测得的 dBA 数值进行算术平均在物理上没有意义，也无法代表声源的真实声能。

为确保正确的能量表征，在所定义的各负载组合下测得的每一个 A 计权声压级都被换算为相应的线性声压平方值。随后对这些声压平方值进行算术平均，并将所得的平均平方声压再换算回 A 计权声压级，以 dBA 表示。能量平均值按 10*log10(mean(10^(L/10))) 计算，其中 L 为每一个以 dBA 表示的 A 计权声压级测量值。

这种数据处理方法与声学的物理原理一致，也符合 ISO 7779 和 ECMA-74 中为声压级测量结果的合成与评定所规定的测量和数据评定理念。因此，该方法为被测设备的声发射水平提供了技术上有效且可重现的表征，适用于 ISO/IEC 17025 认可的测量体系。

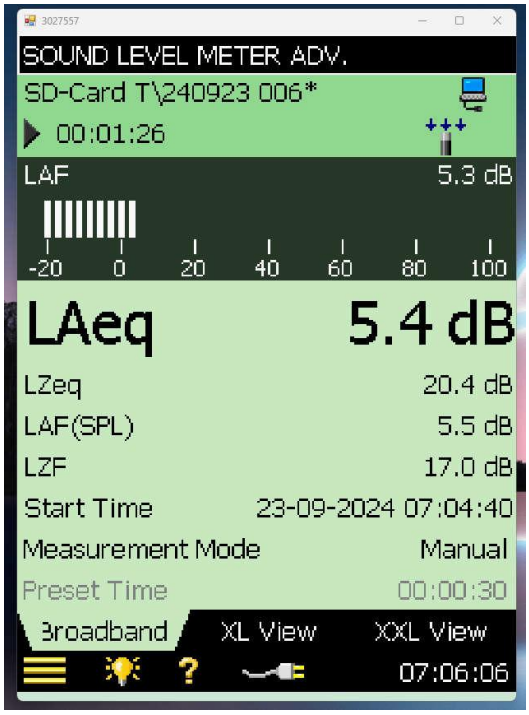
上述流程使我们能够用一个数值来描述 DUT 在至少 1450 种负载组合下的平均噪声输出。根据该数值，我们将 DUT 归入某一 LAMBDA 等级。

除风扇噪声外，我们还会在 DUT 安装于半消声室内时，使用被动散热的负载测试仪对其施加一组负载，以检查是否存在电子噪声（线圈啸叫）。如果我们发现任何超过 6-6.5 dBA 的电子噪声，就必须考虑最低风扇噪声水平是否处于 10 dBA 范围之内，因为这会影响噪声测量。较为简便的做法是：在对 DUT 施加负载、营造出产生电子噪声的条件下，进行相应的风扇噪声测量。

根据我们迄今为止的测试结果，使用电阻式负载在一米距离处测得电子噪声高于 6.5 dBA 的电源并不常见，实际上远非常见。因此在大多数情况下，线圈啸叫噪声源自系统各部件的组合作用。最后，迫使 PSU 发出电子噪声的具体场景也起着显著作用。由于 PSU 可能在开机而各输出轨均无负载时出现电子噪声，而这并非真实使用场景，因此我们不予考虑（但我们仍会记录结果并将该问题通知制造商）。仅在 3.3V 输出轨、5V 输出轨或两路次要输出轨上加载的运行情形同样如此（不过在采用 DC-DC 转换器产生次要输出轨的 PSU 中，这意味着 +12V 输出轨也在工作，因为如上所述它为这些转换器供电）。相反，我们会考虑仅在 +12V 或 5VSB 上加载（PSU 处于待机模式）的场景。

本底噪声计算

我们消声室内的本底噪声可在 5.5 dBA 到 8 dBA 之间变化，具体取决于外部条件。因此，为获得尽可能好的条件，我们倾向于在夜间进行噪声测量，此时的环境噪声低于白天。



本底噪声在任何情况下都不得超过被关注的声音；实际上，为使测量准确，DUT 的输出声级必须至少比本底噪声高 3 dBA。即便如此，仍须施加修正才能得到正确结果。本底噪声修正定义为 K1 [9] [11]，即为得到经本底噪声修正的声源级而从实测声源级中减去的量。

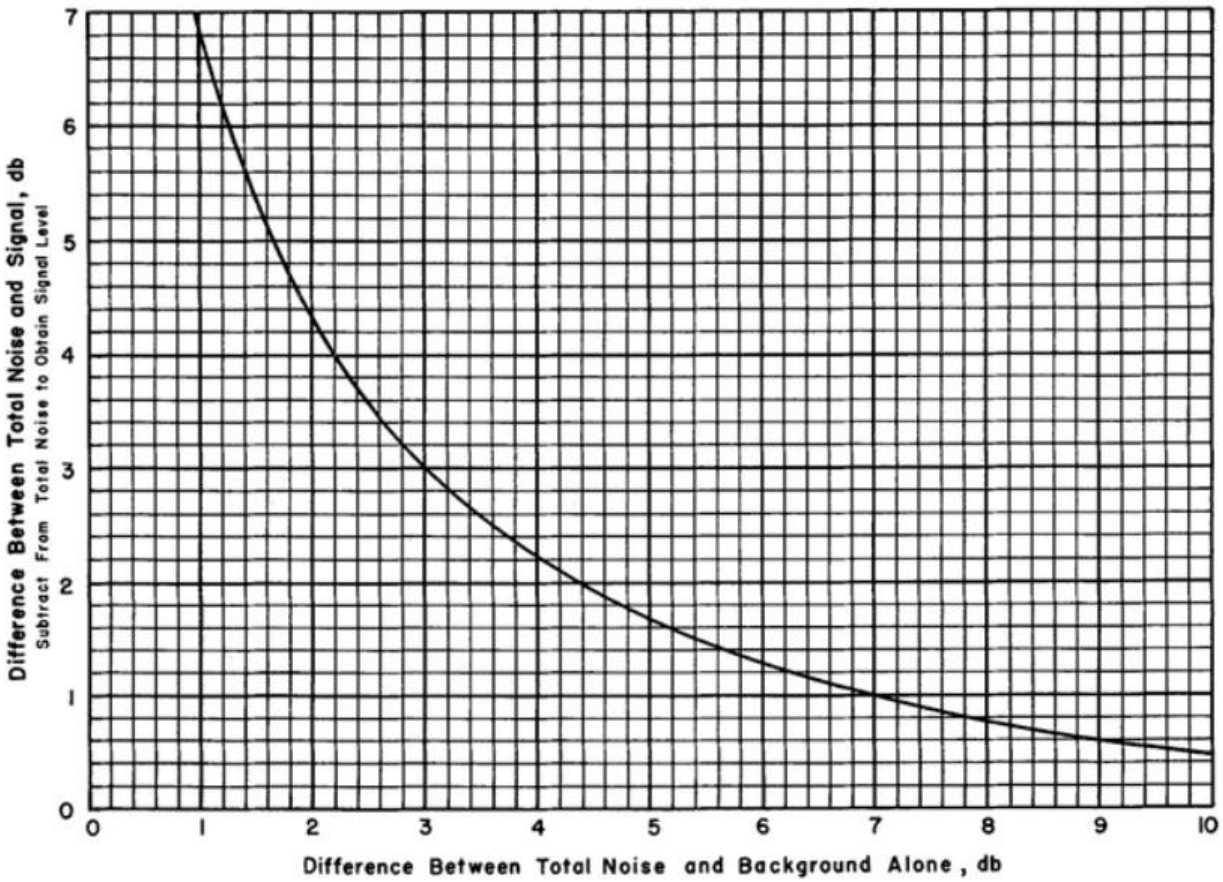
测量 DUT 噪声输出的流程如下：

- 在 DUT 运行状态下测量总噪声级（LDUT + LBG），并特别注意其噪声输出最低的模式。
- 在 DUT 关闭状态下测量本底噪声级（LBG）。
- 计算上述两次读数之差（LDUT - LBG）。如果差值小于 3 dBA，说明本底噪声过高，无法准确测量。如果差值在 3-10 dBA 范围内，则必须施加修正。如果差值大于 10 dBA，则无需修正，但对于最高至 20 dBA 的差值我们仍会施加修正。

用于计算排除本底噪声影响后声源噪声的公式如下：

$$L_{DUT} = 10\ x\ log(\frac{10_{LDUT}}{10} - \frac{10_{LBG}}{10})$$

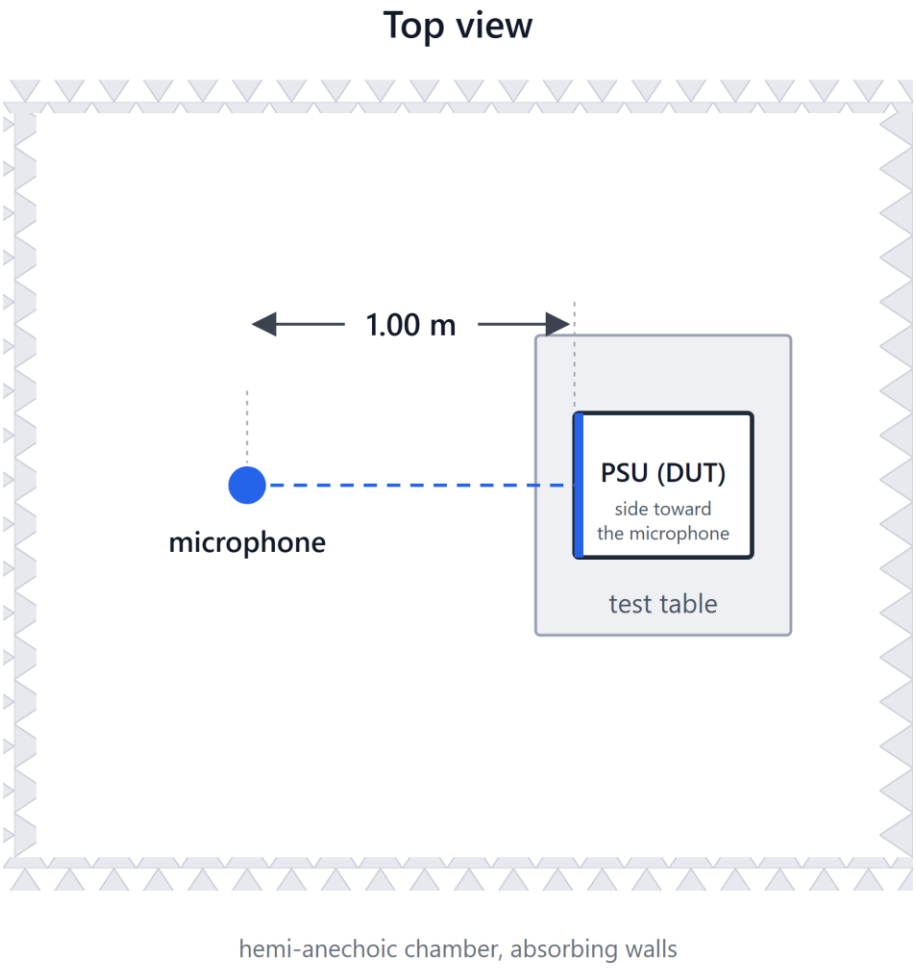
在电子表格中，上述公式可表示为 10*log(10^(LDUT/10)-10^(LBG/10))



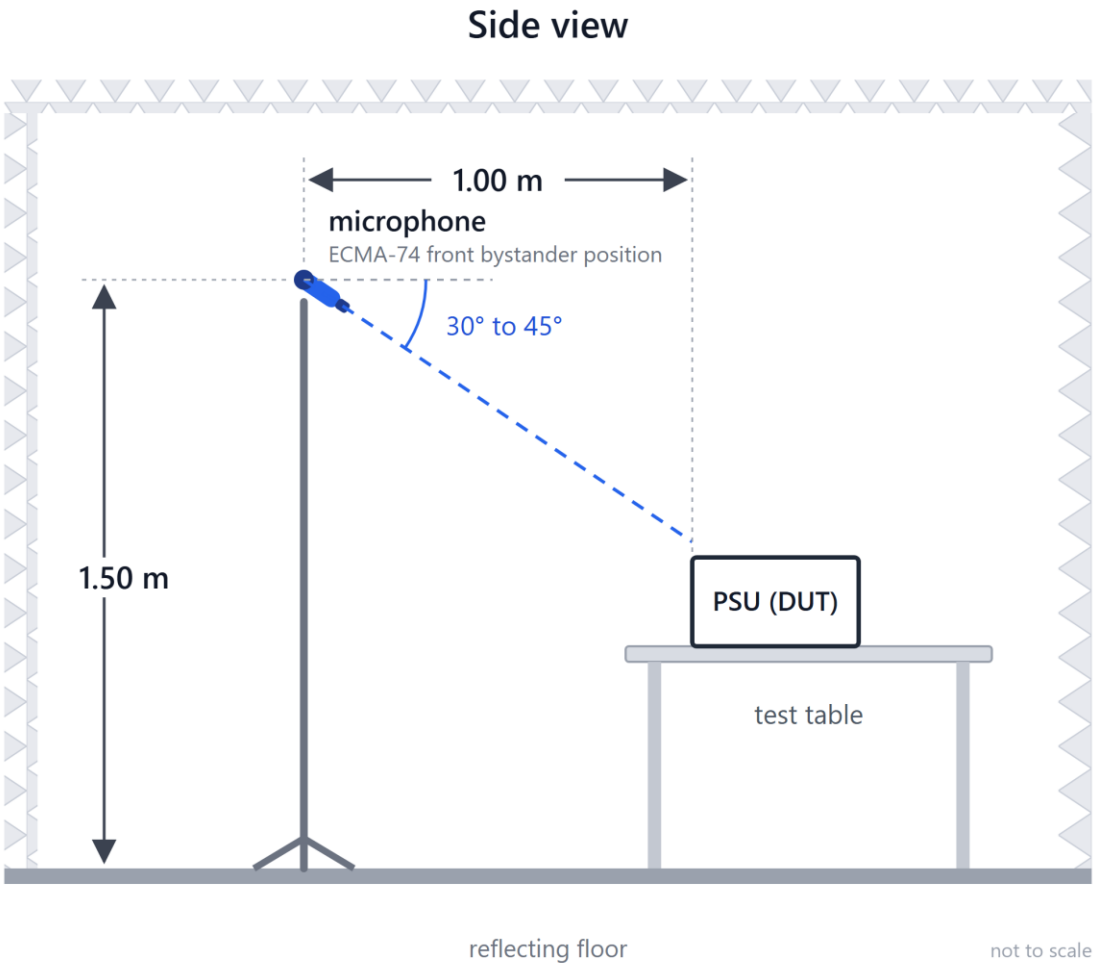
上图可用于对声源信号进行本底噪声修正。

输出噪声测量测试配置

在下面的示意图中，您将看到我们半消声室的布局轮廓，以及 MIC 与 DUT 的精确摆放位置。我们严格遵循相应的 ISO 标准 [9][10]。 电源以其侧面朝向传声器放置。


Top view
1.00 m
PSU (DUT)
side toward
the microphone
microphone
test table
hemi-anechoic chamber, absorbing walls

俯视图



侧视图

ISO 7779 / ECMA-74：1 m 距离、1.5 m 高度处的旁观者传声器

ISO 7779:2018（Acoustics – Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment）[9] 明确允许在噪声发射测量中采用 1.0 m 距离、1.5 m 高度的传声器布置。事实上，ISO 7779（与 IT/电信设备噪声的 ECMA 标准 ECMA-74 相协调）将“旁观者位置”定义为水平距设备（基准箱）1.00 m ±0.03 m、离地 1.50 m ±0.03 m 处。这些位置模拟一个人站在 1 米之外、大致处于耳朵高度的情形。

对于无操作者（无人值守）的设备，ISO 7779 要求使用四个这样的传声器位置（前、后、左、右，各距 1 m）并对其取平均，以获得平均 A 计权声压级（LpAm）。如果设备为有人值守，则可改用单个操作者位置的传声器测量（由该类设备的标准所规定）。

在所有情况下，1 m/1.5 m 的几何布置都是 ISO 7779 中获取发射声压级的标准方法的一部分。这意味着，只要测试按照标准进行（在反射面上方基本自由场的环境中），在上述坐标（每个所要求的位置）处放置的单个固定传声器就是 IT/电信设备认证噪声测量的可接受配置。

该标准的最新版本（ISO 7779:2018）[9] 在这些要求上与 ECMA-74:2025 保持一致。例如，ECMA-74（第 22 版，2025 年 12 月）[12] 第 8.6.3 条规定了旁观者传声器 1.0 m 的水平距离和 1.5 m 的高度。这一几何布置不仅用于内部测试——它还是产品数据表和合规报告中所用的声明噪声发射值（按 ISO 7779 / ISO 9296）的依据。

标准中的传声器入射角（30° 至 45°）

ISO 7779 和 ECMA-74 还规定了传声器在该位置的朝向。传声器的指向应使声音以传声器频率响应最平坦的校准角度到达。

在实际中，由于落地式设备的噪声源往往低于传声器高度，通常假定主要声入射方向在水平面以下约 30° 至 45°。标准对此有明确说明："传声器的朝向应使声入射角与传声器具有最平坦频率响应的角度相同。在大多数实际情况下，假定主声源位于水平面以下 30° 或 45°。"在我们的测试配置中，假定主声源位于水平面以下 30° 至 45°。

换言之，自由场传声器（按 0° 入射校准）应直接指向声源，而随机入射传声器则通常可倾斜约 30° 至 45°，以拾取来自下方的声音。这样可确保满足标准指南所要求的 30° 至 45° 入射角条件。此类细节属于标准流程的一部分，以确保在 1 m 距离处进行的单传声器测量准确且标准化。

ISO 11201:2010 – 自由场声压法支持该配置

上述传声器布置以 ISO 11201 [10]（Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane）为依据。事实上，ISO 7779 正是引用 ISO 11201 作为操作者/旁观者位置的基本测量方法。

ISO 11201（一项国际公认的 ISO 标准）明确描述了在自由场条件下于规定位置（例如距产品 1 m 处）采用工程级方法（准确度等级 2）测量噪声。关键在于，无需对房间反射进行修正（半消声室内的环境修正 $K_2 = 0$）——仅在必要时进行本底噪声修正。这正是在设备前方反射地面上、1 m 距离、1.5 m 高度处设置单个固定传声器的情形。

在 ISO 7779 的流程中（其符合 ISO 11201），需在该传声器位置测量 A 计权声压级，并将其用于噪声发射报告。因此，ISO 11201:2010 支持在规定几何布置下使用单个传声器，将其作为噪声发射声压测量的有效标准方法（工程级）。当遵循 ISO 7779（针对 IT/电信设备）时，实际上就是按照为旁观者或操作者位置预先规定的 1 m/1.5 m/30° 至 45° 几何布置来应用 ISO 11201。其结果（例如 1 m 处的 LpA）可被官方噪声声明所接受（通常与声功率级一并给出）

结论 – 公认标准与替代方案

总之，是的——国际公认标准确实支持在 IT/电信设备的空气传播噪声测量中使用单个固定传声器，其位置为水平 1 m、高度 1.5 m、入射角 30° 至 45°。主要依据是 ISO 7779:2018（及其等效标准 ECMA-74），其第 8 章定义了旁观者测量几何（1 m 距离、1.5 m 高度）和传声器朝向。该配置用于以符合标准的方式获取设备的 A 计权发射声压级 LpA。相关要求有明确文件记载（例如与 ISO 7779 相对应的 ECMA-74 第 8.6.3 和 8.6.4 条），并允许此类测量获得认证（纳入声明的噪声发射值）。

如果设备为有人值守，标准允许在操作者位置使用一个固定传声器；如果不是，则要求使用四个固定传声器（每侧各一个，1 m/1.5 m），并对结果取平均。但在我们的范围内，即 IT 设备、更具体地说是 PC 系统，该设备被视为有人值守。

就规定距离处的发射声压而言，ISO 7779/11201 方法是公认的实践。特别就电信设备而言，ETSI EN 300 753 等标准在声学噪声合规方面直接引用 ISO 7779/ISO 3744 的方法——这意味着 1 m/1.5 m 的传声器几何布置（按 ISO 7779）在电信行业的噪声发射测量中确实得到认可。所有这些参考文献都证实，在 1 m（以及 1.5 m 高度、30° 至 45° 入射）处使用单个固定传声器，是测量并认证 IT 与电信设备空气传播噪声的官方支持配置。

EMI 发射 – 说明与设备

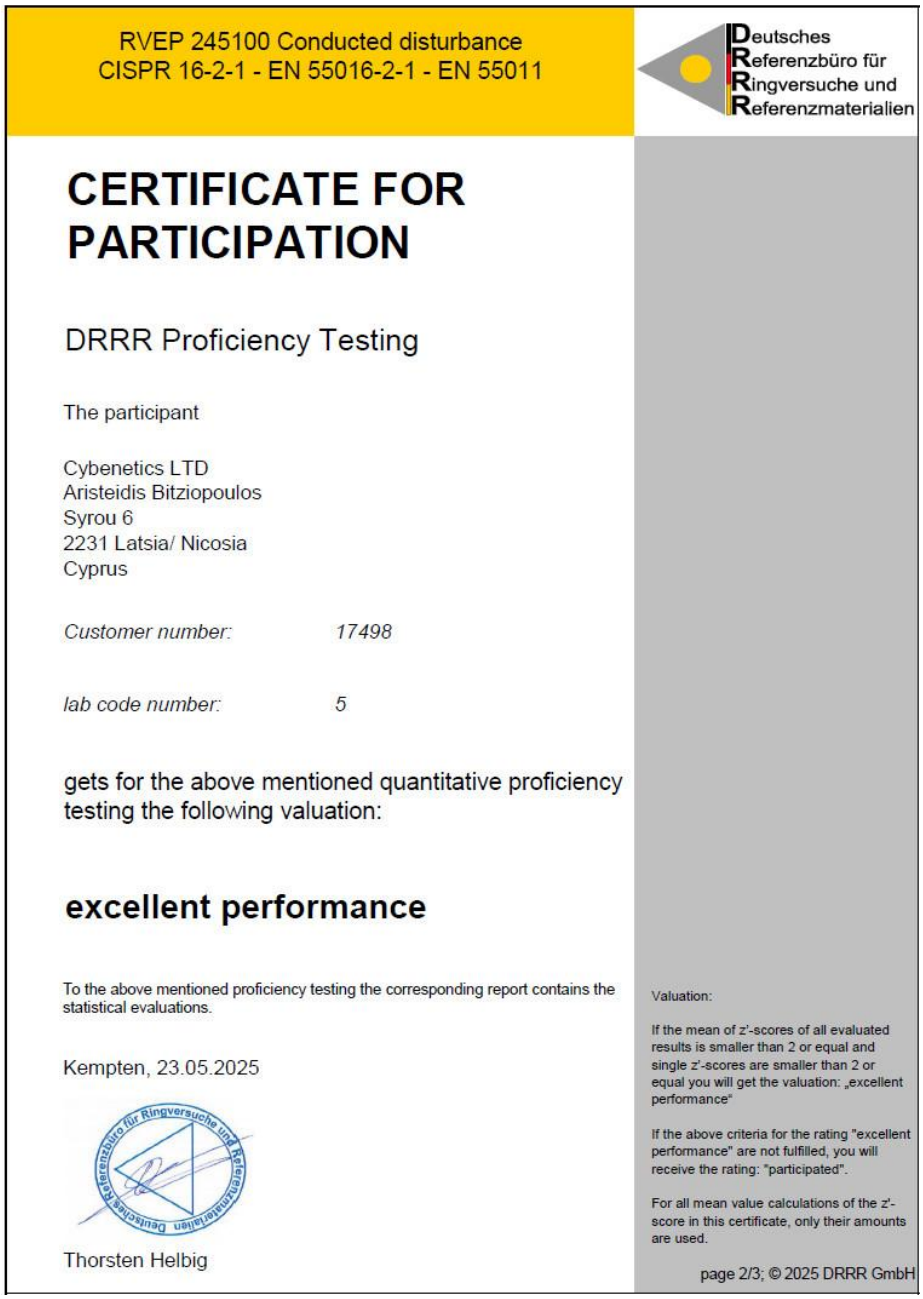
包括 PSU 在内的每一台电子设备都可能成为 EMI 源，视其发射的 EMI 大小，可能影响附近设备的正常运行。在某些极端情况下，EMI 甚至会使这些设备无法使用。为将电磁干扰（EMI）噪声降至最低，已制定了一些标准。针对 IT（信息技术）产品的相应标准是 CISPR 32 及其衍生标准 EN 55032，后者适用于在欧盟销售的产品。在欧盟，每一件带有“CE”标志的产品都必须符合 EN 55032 标准。CISPR 32 和 EN 55032 标准将设备分为两类：A 类和 B 类。B 类设备用于家庭环境，因此其允许的 EMI 发射量显著低于 A 类设备。

我们用于获取 EMI 读数的设备：

- TBMR-110M EMI-Analyzer DC-110 MHz
- Tekbox TBLC08 LISN
- Tekbox TBFL1 瞬态限幅器
- Tekbox TBHPF3 滤波器
- Tekbox EMCview 软件

EMI 发射 – 能力验证与 Cybenetics 证书

ISO 17025 中的能力验证（PT）是一种外部评价，即将某一实验室对同一样品的检测或校准结果与其他实验室的结果进行比对。它必不可少，因为它验证了实验室结果的准确性与可靠性，证明了技术能力，并提供了符合 ISO 17025 要求的证据，而这对于维持认可资质和客户信任极为关键。下面是我们所进行的 EMI 能力验证试验的结果。



RVEP 245100 Conducted disturbance
CISPR 16-2-1 - EN 55016-2-1 - EN 55011

Deutsches Referenzbüro für Ringversuche und Referenzmaterialien

CERTIFICATE FOR PARTICIPATION

DRRR Proficiency Testing

The participant

Cybenetics LTD
Aristeidis Bitziopoulos
Syrou 6
2231 Latsia/ Nicosia
Cyprus

Customer number: *17498*

lab code number: *5*

gets for the above mentioned quantitative proficiency testing the following valuation:

excellent performance

To the above mentioned proficiency testing the corresponding report contains the statistical evaluations.

Kempten, 23.05.2025

Thorsten Helbig

Valuation:

If the mean of z'-scores of all evaluated results is smaller than 2 or equal and single z'-scores are smaller than 2 or equal you will get the valuation: „excellent performance"

If the above criteria for the rating "excellent performance" are not fulfilled, you will receive the rating: "participated".

For all mean value calculations of the z'-score in this certificate, only their amounts are used.

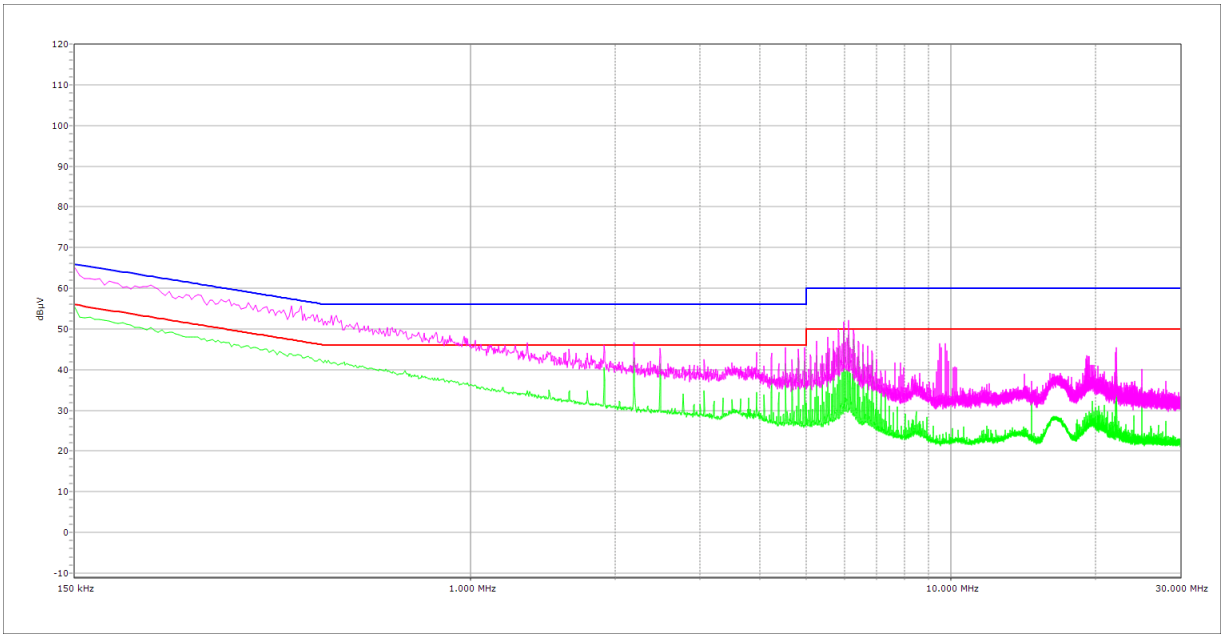
page 2/3; © 2025 DRRR GmbH

EMI 发射 – CISPR 32 / EN55032 限值

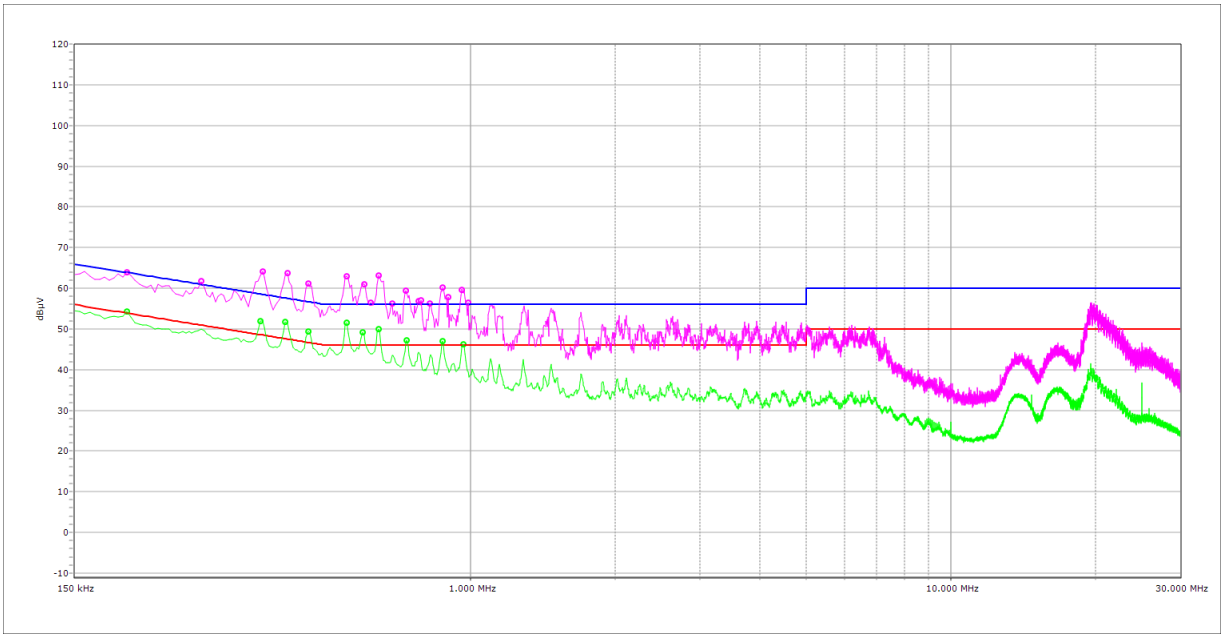
CISRP 32 / EN 55032 A 类传导 EMI 限值		
发射频率（MHz）	传导限值（dBuV）	
	准峰值	平均值
0.15 - 0.50	79	66
0.50 - 30.0	73	60
CISPR 32 / EN 55032 B 类传导 EMI 限值		
发射频率（MHz）	传导限值（dBuV）	
	准峰值	平均值
0.15 - 0.50	66 - 56	56 - 46
0.50 - 5.00	56	46
5.00 - 30.00	60	50
CISRP 32 / EN 55032 A 类 10 米辐射 EMI 限值		
发射频率（MHz）	场强限值（dBuV/m）	
30 - 88	39	
88 - 216	43.5	
216 - 960	46.5	
> 960	49.5	
CISRP 32 / EN 55032 B 类 3 米辐射 EMI 限值		
发射频率（MHz）	场强限值（dBuV/m）	
30 - 88	40	
88 - 216	43.5	
216 - 960	46.0	
> 960	54.0	

请注意，ATX 规范为传导发射和辐射发射留有 4 dB 的裕量。这意味着，如果 PSU 超出限值但仍处于 4 dB 裕量之内，则符合相应的 ATX 规范要求（8.1 Emissions）。不过，CISPR 32 / EN55032 限值并不提供这一裕量。

EMI 发射 –EMI 结果（合格/不合格示例）



在该图中，绿色为平均值 EMI 检波器的结果，紫色为峰值 EMI 检波器的结果。平均值检波器必须保持在红线以下，峰值检波器必须保持在蓝线以下。 为节省时间，我们先运行提供最恶劣情况的峰值 EMI 检波器；如果 PSU 未通过，我们再运行准峰值 EMI 检波器，后者耗时长得多，但它会平滑掉峰值，因此 PSU 有可能通过测试而不失败。在该图中，PSU 明显以两种检波器均成功通过。



这是一台 PSU 同时未通过平均值检波器和准峰值检波器的结果。两者都必须为“通过”，PSU 才符合 CISPR 32 / EN55032 的要求。

另需说明的是，我们运行两组 EMI 测试，一组检查相线（Phase），一组检查中性线（Neutral）。相线上的电压是变化的（有正有负），而中性线在设计上相对于地保持零电位。可以把相线看作电流的“供给”，把中性线看作电流的“回路”。

峰值功率偏移（ATX v3.x 与 PCIe 5.x 规范）

目的与范围

验证 PSU 能够在不关机、不闭锁、输出行为不超出规格的前提下，承受规定的、短时高于其额定连续功率的输出功率偏移，符合 ATX v3.x 的峰值偏移要求（适用于 ATX v3.x PSU）。

适用于：

- **PSU 总输出功率偏移（所有输出轨的合计值）**
- >450 W 且配有 12VHPWR/12V-2x6 的 PSU，以及 ≤450 W 或未配 12VHPWR/12V-2x6 的 PSU（偏移百分比不同）

参考文献

- Intel “ATX Version 3 Multi Rail Desktop Platform Power Supply Design Guide”（PSU 功率偏移 / Table 3-3）。[13][14]

定义

- **时间常数（Tc）：**
  施加稳定负载期间的基线（恒定）工作时段（时域）。
- **功率偏移时间（Te）：**
  处于偏移功率水平的持续时间（脉冲宽度，时域）。
- **P@Tc：**
  在 Tc 期间施加的恒定基线输出功率（对于特定的偏移测试，通常等于 PSU 的额定连续功率 Prated）。
- **P@Te：**
  在功率偏移事件（瞬态负载）期间、持续时间为 Te 所施加的输出功率水平。
- **偏移水平：**
  Pexc=k × P@Tc

  式中 k 为偏移倍数（偏移百分比 / 100）。

- **占空比限值：**
  适用的 ATX v3.x 功率偏移表中所规定的、每个偏移水平下 Te
  与脉冲周期之比的最大允许值。

设备（最低要求）

- 具备快速瞬态模式的可编程直流电子负载，应能够：
  - 阶跃时序低至 100 µs，并可重复输出脉冲串。
  - 功率足以达到 Prated 的 200%（或表中要求的最大值）。
- 带宽足够的示波器 + 合适的探头。
- 功率测量（各输出轨的直流功率或总功率），采样率应足以确认脉冲幅值与时序。
- PSU 激励/控制：PS_ON#、PWR_OK 监测（可选但推荐）。
- 温度监测（环境 + PSU 进风口）。

测试条件

- **输入：标称交流输入（须在报告中注明，例如 230 V / 50 Hz）。**
- **环境温度：23–28 °C（强制要求）。**
- **预热：使 PSU 在 100% 负载下运行 ≥10 分钟（或直至满足热稳定判据）。**
- **线材：量产版线束。**

负载分配

ATX 的偏移要求针对的是 PSU 总功率；不过，为避免对输出轨造成不切实际的应力：

- 按照测试场景（120%、160%、180%、200%）设定基线恒定负载，并按现实的功率分配方案分布到各输出轨：
  - 大部分负载施加在 +12 V 上（CPU/GPU），并在 +5 V / +3.3 V 上施加有代表性的负载（或按 DUT 类别适用的方式）。
- 通过阶跃 +12 V 负载来施加功率偏移（这与现实中尖峰的来源——CPU/GPU 相符）。其他输出轨上的负载保持不变！
  须记录确切的输出轨分配（基线负载与脉冲增量）。

所要求的偏移曲线

根据是否存在 12+4 pin PCIe 接口，选择正确的负载场景：

A) PSU > 450 W 且配有 12VHPWR/12V-2x6

按下列功率水平与时间的关系施加负载（相对于 Prated）：

- **200%，持续 100 µs，占空比 ≤ 5%**
- **180%，持续 1 ms，占空比 ≤ 8%**
- **160%，持续 10 ms，占空比 ≤ 12.5%**
- **120%，持续 100 ms，占空比 ≤ 25%**
- **100% 连续（基线）**

B) PSU ≤ 450 W 或未配 12VHPWR/12V-2x6

使用降低后的偏移百分比：

- **150%，持续 100 µs，占空比 ≤ 5%**
- **145%，持续 1 ms，占空比 ≤ 8%**
- **135%，持续 10 ms，占空比 ≤ 12.5%**
- **110%，持续 100 ms，占空比 ≤ 25%**
- **100% 连续（基线）**

脉冲重复：选择满足占空比限值的脉冲周期。

分步流程

1. **仪器设置**
    - 在 PSU 输出接口处测量 +12 V（或在负载端测量——须始终如一地说明所用方法）。
    - 监测 PS_ON# 与 PWR_OK（推荐）。
    - 配置采集，使其包含触发前基线和完整的恢复过程。
2. **基线**
    - 施加 100% Prated（总计），并使其稳定。
    - 记录稳态电压与总功率。
3. **偏移测试序列（每个水平单独执行）**
   对于每个偏移水平（通常由高到低，但只要有记录，任何顺序均可接受）：
    - 按照测试场景将基线设定为 P@Tc。
    - 对电子负载编程以增加 ΔP，使功率偏移（P@Te）达到规定的偏移百分比。
    - 施加脉冲串：
        - 最少：10 个脉冲（或按实验室内部的重复性要求）。
        - 所选周期应使该 TE 下的占空比保持在限值以内。

- 记录：
  - 脉冲期间各输出轨的最小/最大电压。
  - 任何保护事件（OPP/OCP/UVP/OTP）、关机、闭锁。
  - 脉冲后的恢复行为（恢复调压、PWR_OK 行为）。

4. **测试后**
   - 回到 100% 负载运行 1–2 分钟，确认工作正常。
   - 必要时进行断电重启，并记录任何异常的重启行为。

瞬态响应测量方法学

本小节说明如何采集瞬态电压跌落，以及如何重构上文合格/不合格判定所用的绝对最恶劣输出轨最小电压。我们并不是把示波器通道直接接在输出轨上（直流耦合，量程宽到足以容纳完整的 12 V / 5 V / 3.3 V 电平）再从该波形上读取最小值，而是直接测量跌落本身。宽量程的直流耦合几乎浪费掉示波器的全部分辨率；下述方法则将其保留下来。

核心思想：测量跌落，而非整个信号

对于每一路输出轨，PicoScope 通道按如下方式配置：

1. 交流耦合。通道采用交流耦合，因此输出轨的稳定直流分量（约 12 V、5 V、3.3 V 或 5 VSB 电平）被隔除。只有偏差量——瞬态跌落及其恢复过程——才会到达 ADC。

2. 小垂直量程。由于大的直流电平已被隔除，可采用以零为中心的极小垂直量程（自动选择，通常为 ±100 mV 至 ±5 V）。8-bit ADC 于是将其全部码值范围展开在这一狭小的偏移窗口上。在 ±200 mV 量程上采集的约 200 mV 跌落，其分辨可达到毫伏级准确度；而同样的跌落在完整的 ±12 V 量程上只会占用寥寥数个 ADC 码——既粗糙又嘈杂。这正是准确度方面的理由：通过隔离出跌落，我们把仪器 100% 的分辨率都用在了唯一需要测量的对象上。

3. 逐点检查每一个采样——不做平均或抽取。采集时不进行降采样（DownSamplingMode.None），并扫描每一个采样点以找出最恶劣的偏移。这并非硬件平均或平滑后的"最小值"，而是真实的最恶劣瞬时偏差。最快的 100 µs 阶跃采用触发式块采集；较长的阶跃则采用高速率流式采集。

4. 相对基线的跌落量。在每次负载阶跃之前，都会从同一次采集的事件前区段计算出一个局部基线（触发前平均值，并剔除最后约 10%，以免上升沿将其拉低）。所报告的跌落量是相对于该局部基线测得的，因此不受缓慢漂移或任何残余偏置的影响。

因此，示波器为每一路输出轨给出一个数值：Drop_V，即瞬态阶跃期间最大负向偏移的幅值。

基准值：初始（Tc）电压

交流耦合的示波器无法给出绝对电压——它只能看到偏差——因此绝不使用示波器来测定绝对电平。测量转而以 Tc（起始）负载条件下的初始稳态电压为基准，该电压由精密直流通道（功率分析仪/电子负载）测得，其经过校准且在绝对值上准确。该数值称为 Vbefore（亦称 Vinitial）：即

在初始 Tc 条件下、紧接瞬态阶跃之前由直流/负载仪器采集到的输出轨稳定电压——绝不取自示波器。

综合起来

瞬态期间的绝对最小电压按下式重构：

Vmin = Vbefore − Drop_V

Vbefore 是准确的绝对基准值，来自初始 Tc 负载下经校准的直流/负载通道。Drop_V 是准确的差值量，来自交流耦合、小量程、全分辨率的示波器采集。合格/不合格依据 Vmin 与各输出轨的最低允许限值进行判定。

为什么这比仅用示波器进行绝对采集更准确

每台仪器都只用于其最擅长的方面。直流/负载通道给出最准确的绝对基准（初始电压）；交流耦合的小量程示波器给出最准确的差值量（跌落）。任何一台仪器单独都无法给出准确的绝对最恶劣最小值——宽量程直流耦合示波器会把分辨率浪费在静态电平上，而直流表计又远远来不及捕捉微秒级的跌落。将准确的基准值与准确的差值量相结合，可得到比任一仪器单独所能给出的更为严格的绝对最恶劣最小值，而这正是严格的瞬态调压限值所要求的。

合格/不合格判据

在所有要求的偏移水平下，若满足以下各项，则该次测试判为 PASS：

- PSU 在偏移脉冲期间不关机、不闭锁（无 OPP/UVP/OCP 触发）。
- 输出轨保持在适用的 ATX v3.x 表格所规定的 ATX 调压限值之内。（Table 3-5 规定 12V-2x6 接口上的 12V 为 +5%/-8%，Table 4.2 规定其余接口上的 12V 输出轨为 +5%/-7%，其余输出轨（5V、3.3V 和 5VSB）为 ±5%。
- 每次脉冲之后，输出恢复到稳定的调压状态。

若在任一要求的偏移水平下出现以下情况，则该次测试判为 FAIL：

- 触发保护/关机/闭锁。
- 产生超出所引用限值的、不符合规格的电压行为。
- 出现异常恢复（持续压降、振荡、反复复位）。

需记录的数据（报告的最少字段）

- DUT 标识（型号、额定功率、输出轨、接口、是否配有 12VHPWR/12V-2x6）。
- 输入条件（Vac、Hz）、环境温度、所用的稳定判据。
- 各输出轨的基线负载分配。
- 对于每个偏移水平：
    - 目标百分比与 TE、所用占空比、脉冲数、脉冲周期。

    - 实际测得的 Ptotal 峰值与 TE（实际达成值）。
    - 脉冲期间各输出轨的最小电压、恢复时间。
    - 任何保护事件/复位。
- 示波器采集的波形。

PSU 线材要求

PSU 线材中的导线越粗，高负载下的电压降就越低，因而效率越高、负载调整率越好；但在材料相同的情况下，较粗的线规也比较细的线规更昂贵。正因如此，ATX 规范对线规粗细规定了一些最低要求；作为 Cybenetics，我们不仅遵循这些要求，在某些情况下还更为严格。

总体而言，我们对所有传输电力线路的导线在线规粗细方面的最低要求如下：

- 主电源接口：18AWG（用于电力导线；检测线为 22AWG）
- EPS：18AWG
- PCIe 6+2 pin：18AWG（用于电力导线；检测线为 20AWG）
- PCIe 12+4 pin：16AWG（用于电力导线；检测线为 28AWG）
- SATA：18AWG
- Molex 4-pin：18AWG

关于 12+4 pin 的 12V-2x6（或 12VHPWR）线材存在一些争论：既然某些 PSU 将相应接口设定在低于 600W 的水平（450W 或 300W），而 18AWG 线规足以承受这些较低的功率设定，为何还要求使用 16AWG。原因在于，这种特定线材是唯一能与所有 PSU 通用的线材——只要 PSU 在其模组板上使用原生 12+4 pin 插座，无论品牌和制造商为何均可通用。因此用户可以把任何一根此类线材用在任何具备原生插座的 ATX v3.1 PSU 上；这意味着，如果电力传输导线细于 16AWG，在该接口的满功率设定（600W）下就可能出现问题。

要求电力传输导线采用 16AWG 线规，可确保在各种使用场景和情形下的兼容性与安全性。鉴于这是一个安全问题，Intel 和 Cybenetics 都建议在 12V-2x6 或 12VHPWR 线材（两者相同，只是名称不同）上使用 16AWG 线规，而不论 PSU 及其相应插座的设定如何。

除线规粗细外，还有其他因素会影响线材的电阻与功率承载能力，其中当然也包括导体所用的材料。铜优于铝，因为后者的导电率显著更低。这里唯一的问题在于铝的成本较低，因此常被用于廉价 PSU 的线材中。

Cybenetics 从现在起（2025 年 8 月）将评估受测 PSU 所用导体的类型，并将其归入以下类别：

- 纯铜
- CCA（铜包铝）
- CCS（铜包钢）

还有另一类称为 CCC（Copper-Clad Copper，铜包铜），但此类线材不易识别。

无论如何，纯铜线材更受青睐，因为铜的电阻低于铝和钢。此外，CCA 线材因机械强度不足而易于疲劳。铝比铜更易断裂和腐蚀。CCS 线材比 CCA 线材更坚固，但柔韧性较差，因而理线更为困难。而且钢芯易受腐蚀，会导致性能随时间明显劣化。

线材绝缘同样至关重要，在保护功能一节中可发挥重要作用。应有耐热、柔韧且耐受粗暴使用的外护套，以有效保护导体。

另一件应当避免的事情是在同一根线材上设置两个大功率接口。例如，在同一根线材上使用两个 EPS 接口，若这两个接口都被大量使用且工作温度较高，就可能引发问题。一般而言，EPS 接口应安装在专用线材上（每根线材一个），理想情况下 6+2 pin 接口也应如此。当需要为配有两个或更多 6+2 PCIe 插座的显卡供电时，最好使用各自独立的 PCIe 线材。

整体性能计算

要用单一数值来表征像电源这样复杂产品的整体性能颇具挑战，因为我们进行的测试数量庞大，需要考虑的因素也实在太多。尽管如此，我们迄今已完成数千款电源的测试，数据库中积累了海量数据，这使我们找到了目前为止最适合这项工作的算法。我们力求不断改进方法学，因此未来很有可能对该算法作出修改，使其更加准确。鉴于我们已掌握全部数据，每当对性能算法作出改动时，都可以轻松重新计算数据库中所有 PSU 的整体性能得分。

我们的整体性能算法考虑了所有主要的性能因素：

- 负载调整率
- 纹波抑制
- 瞬态测试响应偏差
- 开机瞬态测试期间的电压过冲
- 平均效率
- 2% 负载下的效率
- 待机输出轨的平均效率
- 待机功耗
- 平均功率因数
- 维持时间
- Power-ok 信号
- 最大功率
- PSU 时序
- PSU 保护功能

负载调整率

在理想情况下，PSU 无论负载如何都能保持恒定的电压水平，但在真实场景中，随着负载增加，每一路输出轨上总会出现电压降。在我们的测试中，电压调整率反映的是 20W 负

载下的初始电压读数（而非完全空载，因为许多 PSU 在各输出轨空载时工作状态不佳，另有一些还带有空载保护）与满载时各输出轨电压读数之间的差异。

我们使用以下公式计算所有额定值的电压调整率评分：

$$Eq_1 = 1.2\ x\ V.Reg_{+12V} + 0.6\ x\ (V.Reg_{+5V} + V.Reg_{+3.3V}) + 0.3\ x\ V.Reg_{5VSB}$$

上面的公式表明，5V 和 3.3V 的加权系数较低，而 5VSB 最低。这是因为 +12V 输出轨在系统中的重要性远超其他输出轨，其稳定性至关重要。在下面的其他公式中，我们也采用同样的方法。

纹波抑制

纹波代表 PSU 直流输出轨上存在的交流波动（周期性）和噪声（随机性）。我们取 100% 负载测试中各输出轨的纹波读数，并将其代入下面的公式。

$$Eq_2 = 0.08\ x\ Ripple_{+12V} + 0.04\ x\ (Ripple_{+5V} + Ripple_{+3.3V}) + 0.02\ x\ Ripple_{5VSB}$$

瞬态响应

电源对负载突变的响应能力，是衡量该机型电能质量的绝佳指标。因此，我们取各输出轨在我们所进行的全部瞬态响应测试中记录到的最大偏差来计算性能。

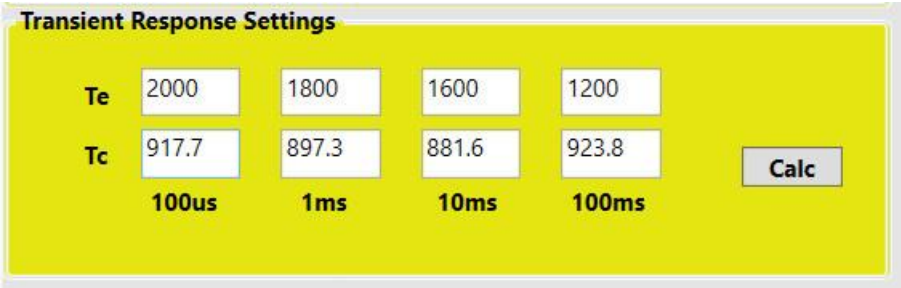
我们进行多种瞬态测试。下面是标准测试项目，我们将其用于不符合 ATX v3.x 规范及其未来修订版的机型：

- 在 PSU 处于 20% 负载状态运行时，向其施加 20ms 的瞬态负载（+12V 上 15A，5V 和 3.3V 上 6A，5VSB 上 0.5 A）。
- 在 50% 负载下工作时，PSU 承受同样的瞬态负载。
- 在以下测试中，我们同样使用 20% 和 50% 负载这两个起始点。不过，我们还把负载变化的重复频率从 50 Hz（20ms）提高到 1 kHz（1ms），从而对 PSU 施加更大的压力。
- 在所有测试中，我们都会测量负载突变所引起的电压跌落。电压应保持在 ATX 规范的调压限值之内。

对于符合 ATX v3.x 规范要求 [13][14] 的 PSU，我们还会进行一组更为严苛的附加瞬态响应测试，这些测试在上述规范中有所描述。

功率偏移占 PSU 额定容量的百分比 PSU ≤ 450 瓦 及不带 12VHPWR 接口的 PSU	功率偏移占 PSU 额定容量的百分比 PSU > 450 瓦 且 带 12VHPWR 接口	功率偏移时间（TE）	测试占空比
100%	100%	无限	--
110%	120%	100ms	25
135%	160%	10ms	12.5
145%	180%	1ms	8
150%	200%	100us	5

为计算恒定水平的功率（Power @ TC）以及功率偏移期间的功率水平（power @ TE），我们使用了自行开发的、基于最新 Intel 测试计划的专用应用程序。



我们还应指出，由于新的功率偏移要求，ATX v3.x 规范允许 12V 在 PCIe 接口上出现最高 -8% 的电压跌落，在其他接口上最高 -7%。制造商也可以将该输出轨的标称电压提高到 12.1V 或 12.2V，以避免电压过低。

为保持与此前受测 PSU 的可比性，我们将使用以下公式，并同时采用标准瞬态响应测试和 ATX v3.x 瞬态响应测试的数据。不过，对于满足更严格的 ATX v3.x 瞬态响应要求的 PSU，将获得 0.5 分的加分。

$$Eq_3 = 2\ x\ Max.Tran.Response_{+12V} + 0.2\ x\ (Max.Response_{+5V} + Max.Tran.Response_{+3.3V}) + 0.1\ x\ Max.Tran.Response_{5VSB} + ATX\ v3.0\ Bonus\ (0.5)$$

开机瞬态电压过冲

这些测试中的性能计算相对简单，因为我们只使用所记录尖峰相对于 +12V 和 5VSB 输出轨标称值的粗略数值。在 +12V 上，我们只取较高的电压过冲，忽略另一个（当然，如果确实存在的话）。举例来说：如果 +12V 上记录到的较高电压过冲为 +12.5V，则尖峰为 0.5V（12.5V – 12.0V），我们就在公式中使用该数值。

$$Eq_4 = 1.25\ x\ (Turn_On_Spike_{+12V} + Turn_On_Spike_{5VSB})$$

平均效率

我们对所有负载组合（>1450）取平均，以获得用于 ETA 认证的 PSU 平均效率。

$$Eq_5 = 0.8\ x\ (100 - AVG_Efficiency_Score)$$

最大额定容量 2% 负载下的效率，或 10W 负载下的效率（适用于 <500W 的 PSU）

根据 ATX 规范 [reference]，主流计算机在空闲模式（Idle Mode）下的最低直流负载确定为 10 瓦。配备额定功率超过 500 瓦 PSU 的计算机预计也会拥有更多部件，因此其空闲模式下的直流负载会更高。额定功率超过 500 瓦的 PSU 将采用设定在 2% 水平的低负载效率。

$$Eq_6 = 0.03\ x\ (100 - Efficiency_with_2\%_or_10W_load)$$

5VSB 平均效率

我们所施加的所有负载组合的平均值，用于获得 5VSB 输出轨在 ETA 认证中的平均效率。

$$Eq_7 = 0.1\ x\ (100 - 5VSB_AVG_Efficiency_Score)$$

待机功耗

PSU 在待机状态下所需的功率被称为吸血鬼功耗或幽灵功耗，因为它是在电源不做任何事情的情况下被消耗掉的。这部分功率大多损耗在 PSU 的待机电路上。

$$Eq_8 = 6\ x\ Vampire_Power$$

平均 PF

我们所施加的所有负载组合（>1450）的平均值，用于获得 PSU 在 ETA 认证中的平均 PF 得分。

$$Eq_9 = 50\ x\ (1 - Average_PF_Score)$$

维持时间

维持时间是指 PSU 在没有输入电源的情况下，仍能维持 ATX 规范所规定输出调压的时间长度，通常以毫秒计。简单来说，维持时间就是在供电中断期间系统能够继续运行而不关机或重启的时间。ATX 规范在 v3.0 之前将最短维持时间规定为在最大连续输出负载下 17ms。ATX v3.1 将最短维持时间改为 12ms，但在我们的性能算法中，我们仍保留 17ms 这一更长的时长。

$$Eq_{10} = 0.15\ x\ (17 - Hold_up_time)$$

Power-ok 信号

根据 ATX 规范，PWR_OK 是一个“电源正常”（power good）信号。因此，电源应将该信号置为 5V 高电平，以表明 +12V、5V 和 3.3V 输出均处于调压阈值之内，且 APFC 变换器所储存的市电能量足以保证在规格范围内至少持续供电 17ms。相反，当 +12V、5V 或 3.3V 中任一输出电压跌至其欠压阈值以下，或者市电断开的时间长到无法保证电源正常工作时，PWR_OK 应被撤销为 0V 低电平。此外，交流断电至 PWR_OK 的最短维持时间规定为 16ms，短于维持时间；ATX 规范还规定了 PWR_OK 失效至直流失电的延时，该延时应大于 1ms。这意味着在任何情况下，交流断电至 PWR_OK 的维持时间都应低于 PSU 的整体维持时间，从而确保电源在 +12V、5V 和 3.3V 中任一输出轨超出规格时，绝不会继续发出电源正常信号。

综上所述，当 PWR_OK 信号的时长高于维持时间时，就意味着 PSU 的电源正常信号作出了虚假报告，我们的整体性能计算算法会扣减性能分。PWR_OK 信号的维持时间还必须至少比实际维持时间短 1ms，以便在各电压输出轨超出规格之前为系统留出足够的关机时间。

如果 PWR_OK 信号准确，我们使用以下公式：

$$\boldsymbol{Eq_{11} = 0.15\ x\ (PWR_OK_Hold_up_time - (Hold_up_time - 1))}$$

这里有三种情形：

- PWR_OK_Hold_up_time **恰好比** Hold_up_time **小** 1ms，**因此**结果为零，即对总分没有影响。
- PWR_OK_Hold_up_time 与 Hold_up_time 之差大于 1ms，因此结果对总分有利。
- PWR_OK_Hold_up_time 高于（Hold_up_time – 1ms）这一时长，因此将从总分中扣分。

我们应指出，在该公式中我们不会因 PWR_OK 维持时间低于 16ms 而扣分，因为在 Eq10 中我们已经针对低于 17ms 的维持时长扣过分，而在 Eq11 中维持时间同样被纳入其中。并且维持时间与 PWR_OK 维持时间密切相关。

容量

当你把一台 400W 机型的负载调整率、效率或纹波读数直接与一台 1500W 机型相比较时，这种比较绝谈不上公平。

例如，在考察 40W 负载下的电压调整率时，400W PSU 的调整范围为 360W（= 400W - 40W）。然而，在测试 1500W 机型时这一范围要大得多：1460W（= 1500W - 40W）。在如此巨大的差异下，容量较小的机型自然很可能录得好得多的电压调整率或纹波表现。因此，我们加入了一项归一化处理来纠正这一点。该因子直接由每台机型的额定功率导出。

$$\boldsymbol{Eq_{12} = 0.4\ x\ \left(\frac{Capacity}{100}\right)}$$

PSU 时序

为满足替代睡眠模式（Alternative Sleep Mode）的要求，开机时间（T1）需低于 150ms，而 PWR_OK 延时（T3）必须处于 100-150ms 范围内。此外，T3 的最小时间不得快于 100ms。对于满足上述要求，并且交流断电至 PWR_OK 的维持时间高于 16ms、PWR_OK 失效至直流失电的延时高于 1ms 的所有机型，均可获得加分。我们在两个不同的负载水平（20% 和 100%）下进行 T1 和 T3 测量。每台 PSU 在这两种情况下都必须满足上述要求。

$$If\ T1 < 150ms\ \&\ (T3 > 100ms\ \&\ T3 < 150ms)$$

$$\&\ PWR_OK \geq 16ms$$

$$\&\ PWR_OK\ inactive\ to\ DC\ loss\ delay \geq 1ms$$

$$then\ PSU_Timings_Result = 1$$

PSU 保护

每一台电源都应配备完善的保护方案，使其即使在恶劣条件下也能安全运行，而不会损坏或给其供电的系统造成任何麻烦。

所有重要输出轨（+12V、5V 和 3.3V）上的过流保护（OCP）以及过功率保护（OPP），都需要设定在可接受的范围内，而不能过高。当这些保护设定得过高时，PSU 在常温下或许能够幸存，但在更高的工作温度下很有可能损坏。此外，高温下其电路会承受大量应力，因此 OCP 和 OPP 的触发点应当适当设定。诚然，PSU 必须能够承受通常来自 GPU 和高频率 CPU 的高功率尖峰，但与此同时，其保护功能也应确保各元件能够胜任而不至于过载。根据我们迄今的经验，单路 +12V 输出轨 PSU 的 OCP 以及 OPP 触发点应设定在相应标称值的 130% 以内。对于具有多路 +12V 输出轨的 PSU，我们将允许范围放宽至 135%。

过温保护（OTP）是每台电源最关键的保护功能之一。大多数 PSU 故障都源于过高的工作温度，因此必须有正常工作的 OTP，并应根据平台特性进行设定。通常，在具有半被动运行模式的 PSU 中，OTP 的设定点会略高于不具备被动模式的 PSU。

PWR_OK 信号对 PSU 的保护功能极为重要。不过，我们在 Eq10 中已经将其纳入考虑，因此无需再次给予加分。

短路保护（SCP）：如果出现输出短路——按照 ATX 规范，短路定义为任何低于 0.1 欧姆的输出阻抗——PSU 应当关机。唯一的例外是 5VSB 输出轨，此时 PSU 已处于待机模式。一旦 5VSB 上的短路被排除，PSU 应能毫无问题地恢复运行。

浪涌与涌入保护（SIP）极为重要，PSU 应配备相应元件以实现这两项保护。通常，浪涌保护通过 MOV（金属氧化物压敏电阻）实现；相比之下，涌入保护则采用 NTC 热敏电阻，并通常辅以旁路继电器以提升保护水平。

风扇失效保护至关重要，因为一旦 PSU 的风扇停止运转，其内部温度可能达到临界水平。在过温保护启动之前（当然，前提是确实存在过温保护），PSU 的元件将承受极大应力，

其寿命会受到明显影响。任何 PSU 都应具备风扇失效保护，正因如此我们决定为其提供加分，以推动所有制造商加以实现。

交流输入：根据 ATX 规范 v3.1（第 4.1 节），PSU 必须能够在 90 VAC 下满载启动。我们在此基础上更进一步，在 90 VAC 下施加满载五分钟。对于 200-240 VAC 范围的 PSU，我们设定为 180 VAC。此外，当输入电压低于 90 VAC（对于宽输入电压范围的 PSU）或低于 180 VAC（对于 200-240 VAC 输入范围的 PSU）时，PSU 不应损坏。为进行核查，我们会设定 80 VAC 或 170 VAC，并期望 PSU 能够幸存（即在恢复标称交流输入后能正常工作）。

我们为以下每一种情况提供加分。

- 0.25 加分：+12V、5V 和 3.3V 上的 OCP，无论出厂设定还是通过软件设定（若 PSU 支持软件控制），均处于该输出轨相应最大额定容量的 130%以内。对于具有多路 +12V 输出轨的 PSU，我们允许 OCP 触发点最高至 135%。该加分适用于上述任一输出轨且相互独立，也就是说，某台 PSU 的 12VOCP 可能超出限值，而次要输出轨上的 OCP 却在限值以内。在这种情况下，它将获得两路次要输出轨的 OCP 加分。因此 OCP 加分按每条输出轨授予，合计最高 0.75 分，三条输出轨各 0.25 分。
- 0.25 加分：OPP 无论出厂设定还是通过软件设定均在 130% 以内。
- 0.25 加分：OTP 能在二次侧散热片或整个二次侧温度低于 190 摄氏度时关闭 PSU
- 0.25 加分：所有输出轨均具备 SCP。PSU 在经过长时间、反复的 SCP 评估测试后应仍能正常工作。
- 0.25 加分：PSU 应配备 MOV 或 TVS 二极管（或两者的组合）
- 0.25 加分：PSU 应配备 NTC 热敏电阻和旁路继电器
- 0.25 加分：PSU 应具备风扇失效保护

如果 PSU 在上述条件范围内的保护功能评估测试中失效（例如，负载不超过其最大额定容量的 130%，或施加到次级侧的热量低于 190 摄氏度），则不会为导致 PSU 失效的相应类别给予任何加分。另一方面，符合上述所有要求的 PSU 获得 2.25 加分，其中三条输出轨的 OCP 共计 0.75，加上其余六个项目各 0.25。
这些保护功能结果会计分，而不作为判定通过与否的门槛：它们只为整体性能评分提供加分，仅此而已，而且并非安全评估。Cybenetics SAFE 计划 [16] 是一项单独且独立的认证，具有自己的范围、准则和奖项，并采用本规范未采用的准则 – 其中包括介电强度 (hipot)、绝缘电阻、保护接地连续性、接触电流限值和认证机构标志验证。本规范下授予的任何项目，包括 ETA、LAMBDA 和整体性能评分，均不涵盖、暗示或取代 SAFE 认证；SAFE 认证既不以其中任何一项为前提，也不由其中任何一项导出。

整体性能评分计算

现在我们已经计算出上述所有因素，接下来就要把它们组合起来计算最终的性能评分（13）。同样，我们以 100 分为满分，减去结果（1-11），最后再计入容量（12）以及 PSU 时序和保护功能的加分。

$$Eq_{13} = 100 - \sum_{k=1}^{11} Eq_k + Eq_{12} + ATX\ v3.0\ Compatibility\ Bonus + PSU\ Timing\ Bonus + PSU\ Protection\ Bonus$$

（13）的结果即为该机型的整体性能评分。

整体性能评分计算示例

示例 A

在本示例中，我们将使用 115V 输入下的 Wentai Aidan T1616：

$Eq_1 = 1.2\ x\ 0.3 + 0.6\ x\ (1.48 + 2.4) + 0.3\ x\ 2.44 = 0.36 + 2.328 + 0.732 = 3.42\ (Load\ Regulation)$

$Eq_2 = 0.08\ x\ 27.46 + 0.04\ x\ (10.28 + 12.88) + 0.02\ x\ 14.44 = 2.1968 + 0.9264 + 0.2888 = 3.412\ (Ripple\ Supression)$

$Eq_3 = 2\ x\ 0.49 + 0.2\ x\ (1.63 + 3.05) + 0.1\ x\ 1.54 + 0 = 0.98 + 0.936 + 0.154 = 2.07\ (Transient\ Response)$

$Eq_4 = 1.25\ x\ (0.12 + 0) = 0.15\ (Turn - on\ Transient\ Response)$

$Eq_5 = 0.8\ x\ (100 - 92.713) = 5.8296\ (Average\ Efficiency)$

$Eq_6 = 0.03\ x\ (100 - 77.432) = 0.67704\ (Efficiency\ with\ 2\%\ load)$

$Eq_7 = 0.1\ x\ (100 - 82.381) = 1.7619\ (Average\ 5VSB\ Efficiency)$

$Eq_8 = 6\ x\ 0.0404641 = 0.242785\ (Standby\ Power\ Consumption)$

$Eq_9 = 50\ x\ (1 - 0.99) = 0.5\ (Average\ PF\ score)$

$Eq_{10} = 0.15\ x\ (17 - 26.2) = -1.38\ (Hold - up\ time)$

$Eq_{11} = 0.15\ x\ (25.2 - (26.2 - 1)) = 0\ (Power\ Ok\ signal\ hold - up\ time)$

$Eq_{12} = 0.4\ x\ \left(\frac{1616}{100}\right) = 6.464\ (Capacity)$

ATX v3.x 兼容性加分：0

PSU 时序加分：0（因为 20% 负载测试中 T1 > 150ms，且两项测试中 T3>150ms）

PSU 保护加分：OCP：0.25（因为 12V4 OCP > 135% 且 5V OCP > 130%。只有 3.3V OCP < 130%）、OPP：0.25（在 130% 以内）、OTP：0.25（<190°C）、SCP：0.25、MOV：0.25、NTC 热敏电阻与继电器：0.25

性能评分 = 100 – 3.42 – 3.412 – 2.07 – 0.15 – 5.8296 – 0.67704 – 1.7619 – 0.242785 – 0.5 – (–1.38) – 0+ 6.464 + 0 + 0 + 1.5 = 91.280675

示例 B

在本示例中，我们将使用 115V 输入下的 Corsair AX1600i：

$$\boldsymbol{Eq_1} = 1.2\ x\ 0.24 + 0.6\ x\ (0.9 + 0.3) + 0.3\ x\ 1.32 = 0.288 + 0.72 + 0.396$$
$$= 1.404\ \ (Load\ Regulation)$$
$$\boldsymbol{Eq_2} = 0.08\ x\ 10.33 + 0.04\ x\ (6.24 + 14.98) + 0.02\ x\ 6.62 = 0.8264 + 0.8488 + 0.1324$$
$$= 1.8076\ (Ripple\ Supression)$$
$$\boldsymbol{Eq_3} = 2\ x\ 0.64 + 0.2\ x\ (1.4 + 2.87) + 0.1\ x\ 1.28 + 0 = \ \ 1.28 + 0.854 + 0.128$$
$$= 2.262\ (Transient\ Response)$$
$$\boldsymbol{Eq_4} = 1.25\ x\ (0 + 0.024) = 0.03\ (Turn - on\ Transient\ Response)$$
$$\boldsymbol{Eq_5} = 0.8\ x\ (100 - 92.221) = 6.2232\ (Average\ Efficiency)$$
$$\boldsymbol{Eq_6} = 0.03\ x\ (100 - \ 78.233) = 0.65301\ (Efficiency\ with\ 2\%\ load)$$
$$\boldsymbol{Eq_7} = 0.1\ x\ (100 - \ 81.807) = 1.8193\ (Average\ 5VSB\ Efficiency)$$
$$\boldsymbol{Eq_8} = 6\ x\ 0.0457394 = 0.274436\ (Standby\ Power\ Consumption)$$
$$\boldsymbol{Eq_9} = 50\ x\ (1 - \ 0.992) = \ 0.4\ (Average\ PF\ score)$$
$$\boldsymbol{Eq_{10}} = 0.15\ x\ (17 - \ 26.7) = \ -1.455\ (Hold - up\ time)$$
$$\boldsymbol{Eq_{11}} = 0.15\ x\ (24.5 - (26.7 - 1)) = -0.18\ (Power\ Ok\ signal\ hold - up\ time)$$
$$\boldsymbol{Eq_{12}} = 0.4\ x\ \left(\frac{1600}{100}\right) = 6.4\ (Capacity)$$

ATX v3.x 兼容性加分：0

PSU 时序加分：0（因为 20% 负载测试中 T1 > 150ms，且两项测试中 T3>150ms）

PSU 保护加分：OCP：0.50（因为 12V 未超过 135% 且 3.3V 低于 130%，5V 得零分）、OPP：0.25（在 130% 以内）、OTP：0.25（<190°C）、SCP：0.25、MOV：0.25、NTC 热敏电阻与继电器：0.25

性能评分 = 100 – 1.404 – 1.8076 – 2.262– 0.03 – 6.2232 – 0.65301 – 1.8193 – 0.274436 – 0.4 – (–1.455) – (– 0.18) + 6.4 + 0+ 0 + 1.75 = 94.911454

两个计算示例均未纳入风扇故障保护加分，该加分自修订版 2.9 起引入。两个示例保持原始计算结果。测试报告示例

负载区间结果（仅供参考）

ETA 和 LAMBDA 评级将认证扫描中超过 1450 个负载组合浓缩为一个平均效率和一个平均噪声级。评级需要如此，但单一平均值无法告诉读者电源在特定系统所抽取的负载下表现如何。为此，我们还计算将相同测量值按负载划分的结果。这些结果仅供参考：它们不属于 ETA 或 LAMBDA 评级的一部分，不改变任何等级，也不用于认证。它们描述了单一平均值所掩盖的行为。

这些结果是什么

我们将电源的直流额定输出功率划分为五个各占 20% 的负载区间：0-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 和 80-100%。80% 及以上的每个测量点都属于最后一个区间，其中包括少数实测输出略高于额定输出的测量点（下方示例电源的最高测量点为 100.25%）。测量点的负载是其总直流输出功率占直流额定输出功率的比例，结果按每个已测试的输入电压（115 V 和 230 V）分别计算。对于每个区间，我们报告：

- 该区间内的测量点数量；
- 平均效率；
- 平均功率因数；
- 平均噪声；
- 噪声最大的测量点，即该区间内最高的单一噪声级；以及
- 风扇停转的测量点占比，这体现了半被动运行模式在结果中的表现。

高负载指数（High-Load Index）给出直流额定输出功率 70% 及以上所有测量点的相同数据，这是电源工作最繁重的区间部分。它不是第六个区间：它与最高的两个区间重叠。最后，我们比较电源在正常环境温度和高环境温度下，10、20、50 和 100% 负载时的稳定风扇转

速、噪声和进气温度（表 3）。图 1 和表 1 展示了一台真实的 1200 W 电源（我们称之为示例电源）在 115 V 和 230 V 下的结果。

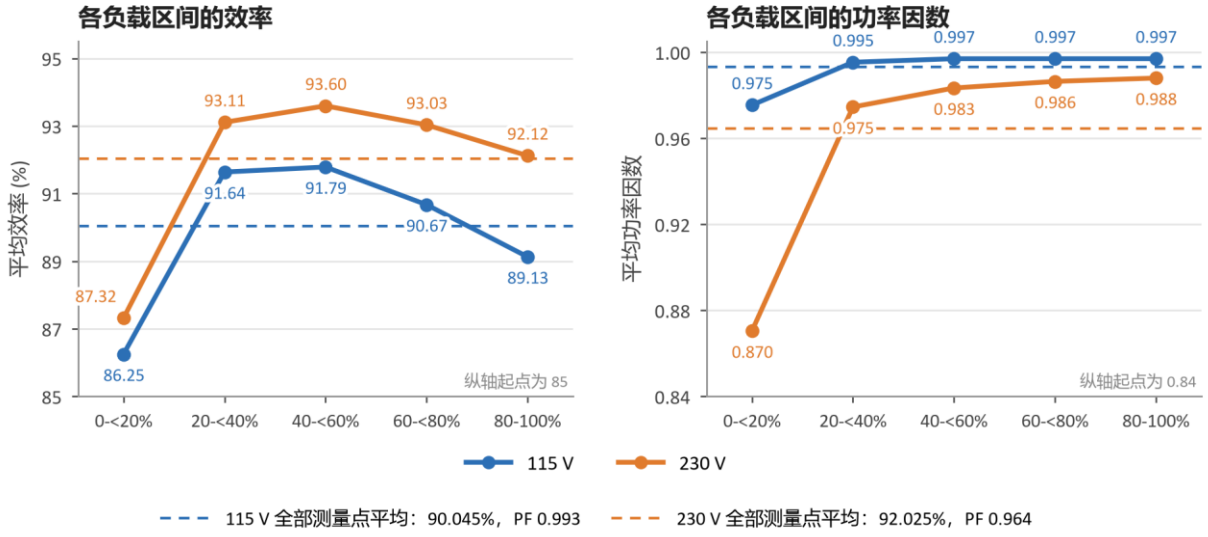


图 1 – 示例电源（1200 W）在 115 V 和 230 V 下按负载区间的效率和功率因数。

表 1. 示例电源（1200 W）的负载区间结果

负载区间	测量点	噪声，平均值（dB(A)）	噪声，噪声最大的测量点（dB(A)）	风扇停转	效率	功率因数
115 V						
0-<20%	248	5.0	5.0	100%	86.25%	0.975
20-<40%	310	8.0	19.0	95%	91.64%	0.995
40-<60%	310	17.3	20.9	17%	91.79%	0.997
60-<80%	310	23.0	26.7	0%	90.67%	0.997
80-100%	316	29.9	33.1	0%	89.13%	0.997
70-100%（高负载指数）	471	28.7	33.1	0%	89.54%	0.997
所有测量点（已发布平均值）	1494	24.19	33.1	40%	90.045%	0.993

负载区间	测量点	噪声，平均值（dB(A)）	噪声，噪声最大的测量点（dB(A)）	风扇停转	效率	功率因数
230 V						
0-<20%	248	5.0	5.0	100%	87.32%	0.870
20-<40%	310	6.6	19.0	98%	93.11%	0.975
40-<60%	310	16.2	19.0	29%	93.60%	0.983
60-<80%	310	22.1	26.7	0%	93.03%	0.986
80-100%	316	29.5	32.8	0%	92.12%	0.988
70-100%（高负载指数）	471	28.3	32.8	0%	92.37%	0.988
所有测量点（已发布平均值）	1494	23.67	32.8	43%	92.025%	0.964

所有测量点：已发布的平均值，精度与已发布值一致。5.0 dB(A)：风扇停转。

我们如何计算它们

各区间使用的数据与 ETA 和 LAMBDA 平均值所依据的数据相同：认证扫描中超过 1450 个已测量的负载组合，即效率测量程序中描述的 CL 测量，排除测试 0（零负载行）。我们仅用于绘制图表的插值数据从不使用。台式电源的每个测量点恰好属于五个区间之一，因此各区间划分的是同一次扫描，而非增加新的测试。

区间的效率和功率因数为其测量点的纯算术平均，与 ETA 平均值完全相同。区间的噪声为能量平均，与 LAMBDA 平均值完全相同：每个 A 计权声级被换算为声压平方，对这些值求平均，再将结果换算回 dB(A)，即 10*log10(mean(10^(L/10)))，其中 L 为每个测量点的声级。我们从不以算术方式平均 dB(A) 值。风扇停转的测量点（风扇转速为零）计为风扇停转的测量点，在噪声平均中其声级为 5.0 dB(A)，低于我们试验室的本底噪声。固定负载测试的表格将相同条件显示为 <6.0 dB(A)，即声级计的下限。

由于台式电源的五个区间合起来恰好包含扫描中的每个测量点一次，当按各区间测量点数量比例合并时，它们能还原已发布的平均值，噪声按能量尺度合并。台式电源的计算仅在以下条件下被接受：合并噪声与已发布平均噪声的偏差在 0.1 dB(A) 以内，合并效率与已发布平均效率的偏差在 0.01 个百分点以内，合并功率因数与已发布平均功率因数的偏差在 0.001 以内。

正常环境温度与高环境温度的比较不来自 CL 扫描。它使用我们在固定负载下进行的负载调整率测试的稳定读数，一次在正常环境温度下（风扇运行时进气温度约为 30-32 °C），一次在高环境温度下（风扇运行时进气温度约为 40-47 °C）（见测试设置与测量条件）。对于每个负载，它列出我们测得的风扇转速、噪声和进气温度。噪声值 <6.0 dB(A) 为声级计的下限，表示风扇已停转；风扇停转时，进气传感器读数可能高于试验室内的空气温度。

扫描的每个负载组合保持约五秒，因此在高负载下风扇可能尚未达到其稳定转速。这就是温度效应取自固定负载测试的稳定读数而非扫描的原因。

冗余电源

对于冗余电源，其平均效率覆盖运行范围的 2-100%，最低区间从直流额定输出功率的 2% 开始：2-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 和 80-100%。低于 2% 的测量点不属于任何区间，因此对于这些电源，五个区间合计可能与已发布平均值略有差异；冗余服务器电源测试协议以示例展示了二者。我们现在计算这些电源的效率区间和功率因数区间。噪声区间和高负载噪声指数将在冗余电源的每个扫描测量点记录风扇转速后跟进；在此之前，其噪声显示为尚未测量。

为什么它们重要

平均值不能说明结果来自区间中的哪个位置。表 2 比较了两台真实的 650 W 电源（我们称之为 PSU A 和 PSU B），均在 230 V 下测量。它们的平均噪声几乎相同，分别为 22.2 和 22.4 dB(A)，仅看平均值的读者会认为它们相同。PSU A 在每个负载点都运行风扇。PSU B 为半被动：其风扇在全部测量点的 36% 处停转（图 2），在最低区间的测量点中占 100%，第二区间占 90%，第三区间占 19%。这些安静测量点拉低了 PSU B 的平均值。在超过额定输出 70% 的范围，即高负载指数中，PSU B 的噪声比 PSU A 高 4.5 dB(A)，分别为 27.1 和 22.6 dB(A)（图 3），在其最高区间其平均噪声为 28.6 对 22.9 dB(A)。

效率也显示同样的情况。两台电源的平均效率分别为 90.60% 和 90.43%，相差 0.17 个百分点，而其高负载效率分别为 91.34% 和 90.24%，相差 1.10 个百分点。

表 2. 两台平均噪声相同的 650 W 电源（230 V）

结果（两台电源：650 W，230 V）	PSU A（风扇始终运行）	PSU B（半被动）
平均噪声，所有测量点（dB(A)）	22.2	22.4
平均噪声，高负载指数，70-100%（dB(A)）	22.6	27.1
噪声最大的测量点，高负载指数（dB(A)）	29.0	32.4
风扇停转的测量点，所有测量点	0%	36%
平均效率，所有测量点	90.60%	90.43%
平均效率，高负载指数	91.34%	90.24%
平均功率因数，所有测量点	0.955	0.842
平均功率因数，高负载指数	0.983	0.951

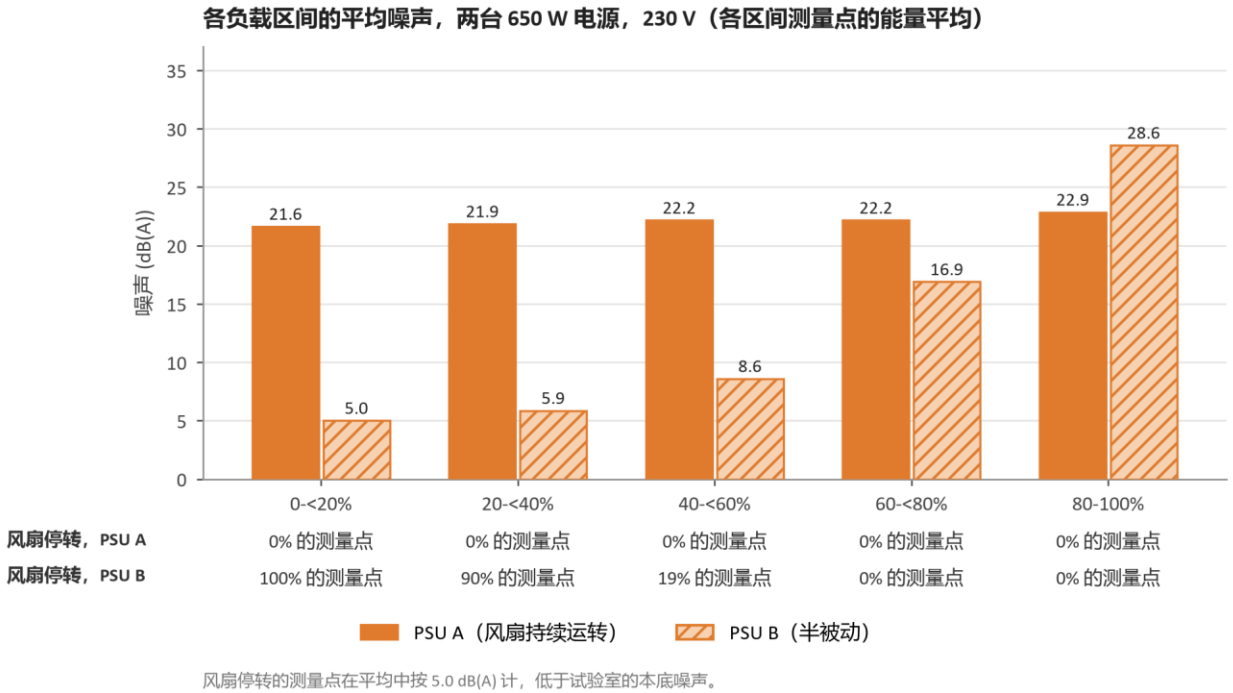


图 2 – PSU A 和 PSU B 按负载区间的平均噪声（230 V），以及风扇停转的测量点占比。

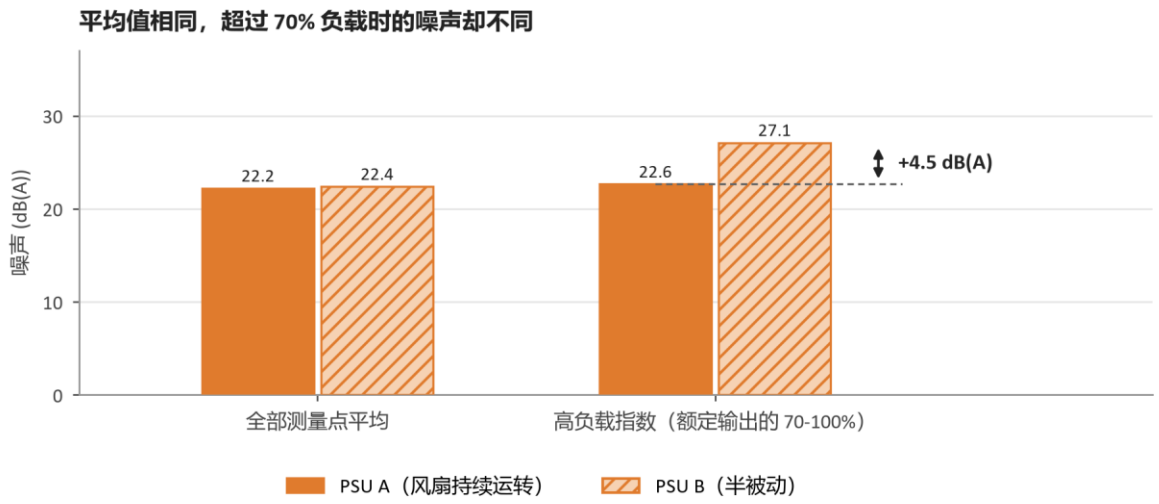


图 3 – 相同的平均噪声，高负载指数中不同的噪声。

效率并非平坦。图 1 和表 1 显示，在 230 V 下示例电源在最低区间的平均效率为 87.32%，在 40-<60% 区间达到峰值 93.60%，在最高区间降至 92.12%，而其功率因数从 0.870 升至 0.988。已发布的平均效率 92.025% 是所有测量点的纯平均值：它赋予每个测量点相同的权重，因此每个区间按其包含的测量点数量（本电源中在 248 到 316 之间）成比例贡献。它代表所有已测量的负载组合，按其测量点数量加权，因此并不描述任何单一负载。大部分时间抽取额定输出 60-100% 的系统应参照最后两个区间，在 230 V 下为 93.03% 和 92.12%；

大部分时间抽取额定输出低于 20% 的系统应参照第一个区间，为 87.32%。在 115 V 下呈现相同形态，数值更低。

CL 扫描在 30 °C（±2 °C）的受控环境温度下进行，这是产生认证结果的条件。进气温度高于此值的电源运行方式不同，表 3 显示了差异程度。在 100% 负载和 230 V 下，示例电源的风扇在正常环境温度下以 978 rpm 运行，噪声为 24.6 dB(A)，而在高环境温度下为 1496 rpm 和 35.0 dB(A)，高出 10.4 dB(A)。在 50% 负载下，正常环境温度时风扇停转（<6.0 dB(A)），高环境温度时以 726 rpm 运行，20.0 dB(A)。在 115 V 下，100% 负载时的噪声升高 9.7 dB(A)。

表 3. 示例电源在正常和高环境温度下的风扇转速、噪声和进气温度

负载	正常环境温度			高环境温度			噪声变化（dB(A)）
	风扇（rpm）	噪声（dB(A)）	进气（°C）	风扇（rpm）	噪声（dB(A)）	进气（°C）	
115 V							
10%	0	<6.0	32.3	0	<6.0	48.3	两者均停转
20%	0	<6.0	34.7	0	<6.0	50.2	两者均停转
50%	0	<6.0	38.7	729	20.1	42.5	风扇启动
100%	898	25.3	30.2	1496	35.0	45.5	+9.7
230 V							
10%	0	<6.0	34.4	0	<6.0	52.8	两者均停转
20%	0	<6.0	32.5	0	<6.0	57.3	两者均停转
50%	0	<6.0	35.9	726	20.0	42.1	风扇启动
100%	978	24.6	30.2	1496	35.0	45.7	+10.4

<6.0 dB(A)：风扇停转（声级计的下限）。风扇停转时，进气传感器读数可能高于试验室内的空气温度。

如何阅读结果

阅读与电源将使用的负载相匹配的行，而非平均值。在表 1 中，示例电源在 230 V 下 60-<80% 区间的读数为：效率 93.03%，功率因数 0.986，平均噪声 22.1 dB(A)，噪声最大的测量点为 26.7 dB(A)，风扇从未停转。在 80-100% 区间，读数为 92.12%、0.988、29.5 dB(A) 和 32.8 dB(A)。

风扇在每个测量点都停转的区间，其噪声显示为 5.0 dB(A)：这是我们赋予停转风扇的声级，而非测量值，表示风扇在该区间不产生噪声。风扇仅在部分测量点停转的区间混合了安静和可听测量点。这就是我们给出停转测量点占比（示例电源在 230 V 下 40-<60% 区间为 29%）和噪声最大的测量点（该区间为 19.0 dB(A)）的原因，后者显示了可听测量点的噪声水平。

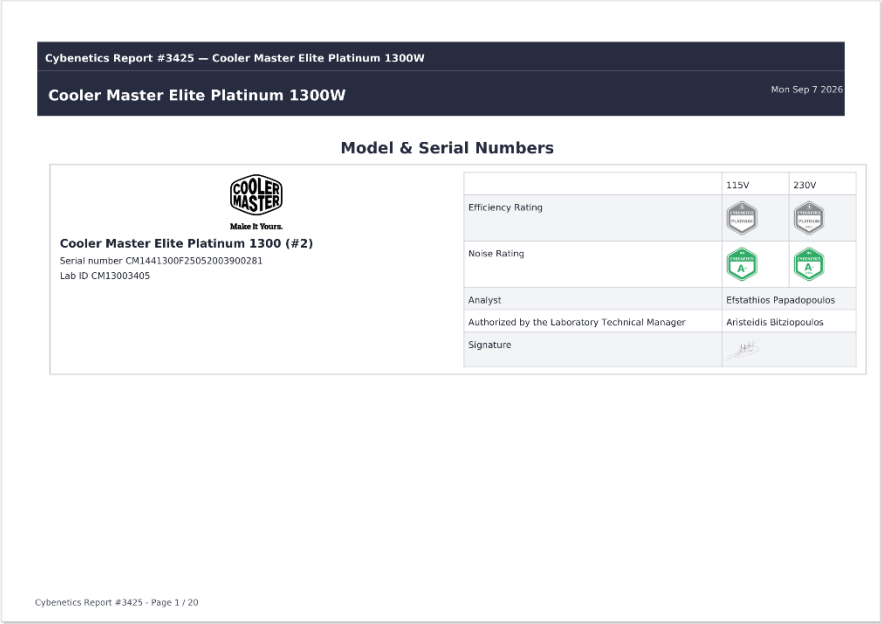
当关注重点是工作范围的上段时，应阅读高负载指数这一行。对于示例电源在 230 V 下，它涵盖 471 个测量点，平均噪声为 28.3 dB(A)，噪声最大的测量点为 32.8 dB(A)，效率为

92.37%，功率因数为 0.988。比较两台电源时，请比较相同输入电压下的同一行；所有测量点的平均值仍是评级所依据的数值。

限制

这些结果描述的是我们所测试的样品，在所述输入电压和环境温度下。它们仅供参考：不属于 ETA 或 LAMBDA 评级、整体性能评分或任何其他等级的一部分，任何认证决定均不基于它们。区间的噪声反映各测量点五秒期间所达到的风扇转速，而稳定风扇转速和噪声级来自固定负载测试（表 3）。噪声区间需要扫描中每个测量点的风扇转速；在未记录之处（如目前的冗余电源），噪声显示为尚未测量。

测试报告示例



Cybenetics Report #3425 — Cooler Master Elite Platinum 1300W

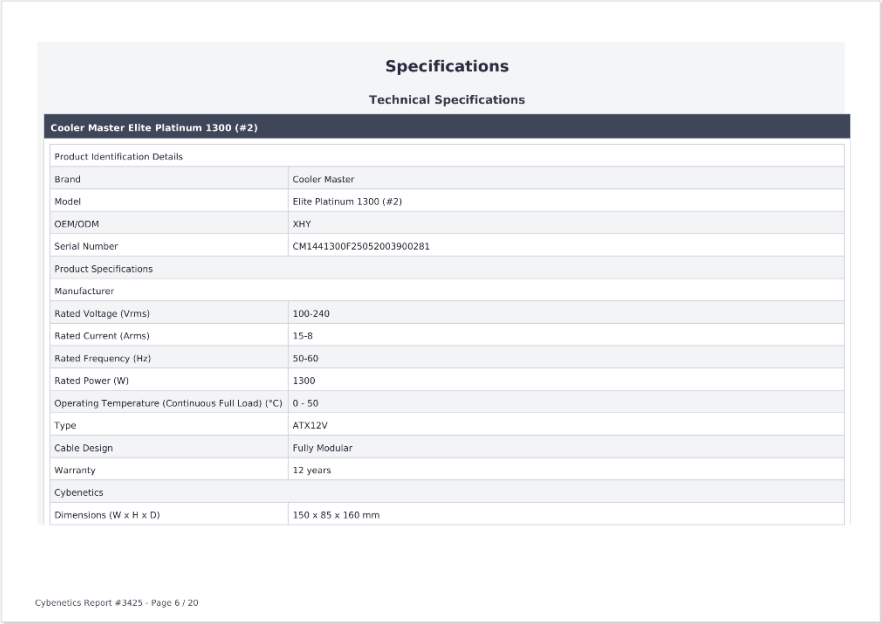
Cooler Master Elite Platinum 1300W Mon Sep 7 2026

Model & Serial Numbers

Cooler Master Elite Platinum 1300 (#2)
Serial number CM1441300F25052003900281
Lab ID CM13003405

	115V	230V
Efficiency Rating		
Noise Rating		
Analyst	Efstathios Papadopoulos	
Authorized by the Laboratory Technical Manager	Aristeidis Bitziopoulos	
Signature		

Cybenetics Report #3425 - Page 1 / 20



Specifications

Technical Specifications

Cooler Master Elite Platinum 1300 (#2)	
Product Identification Details	
Brand	Cooler Master
Model	Elite Platinum 1300 (#2)
OEM/ODM	XHY
Serial Number	CM1441300F25052003900281
Product Specifications	
Manufacturer	
Rated Voltage (Vrms)	100-240
Rated Current (Arms)	15-8
Rated Frequency (Hz)	50-60
Rated Power (W)	1300
Operating Temperature (Continuous Full Load) (°C)	0 - 50
Type	ATX12V
Cable Design	Fully Modular
Warranty	12 years
Cybenetics	
Dimensions (W x H x D)	150 x 85 x 160 mm

Cybenetics Report #3425 - Page 6 / 20

不确定度评估 – 效率/噪声/EMI

测量不确定度是对测量结果所存疑问的量化。它表明在考虑可能的误差和变动后，真值预期所处的范围。它之所以重要，是因为它反映了测量的可靠性，并使不同结果之间能够进行公平比较。

效率测量的不确定度为±0.43%

所报告的扩展不确定度（U）由合成标准不确定度（u）与包含因子 k = 2 相乘得出，对应约 95% 的置信区间。测量不确定度按照 GUM [15] 确定。所报告的不确定度估计值适用于测量期间所获得的数值，未考虑可能的长期变化。

效率测量不确定度预算

不确定度来源	**标准不确定度 u(xi)**	**相对标准不确定度 u(xi)/xi**
实验室内再现性	0.16564	0.00203
电子负载校准	0.0500	0.00050
功率分析仪校准	0.0250	0.00025
操作者与测试夹具	0.0350	0.00035
相对合成标准不确定度（RSS）：	0.00213	
扩展不确定度 U 百分比（k=2，正态）：	0.43	

噪声测量的不确定度为 ±1.23 dB

所报告的扩展不确定度（U）由合成标准不确定度（u）与包含因子 k = 2 相乘得出，对应约 95% 的置信区间。测量不确定度按照 GUM [15] 确定。所报告的不确定度估计值适用于测量期间所获得的数值，未考虑可能的长期变化。

噪声输出测量不确定度预算

不确定度来源	**标准不确定度 u(xi)（dB）**
实验室内再现性	0.031
传声器校准器 4231 的校准	0.200
传声器频率响应	0.577
温度	0.012
位置误差	0.058
相对合成标准不确定度（RSS）：	0.61
扩展不确定度 U（k=2，正态）：	1.23

传导 EMI 发射测量的不确定度为 ±2.35 dB

所报告的扩展不确定度（U）由合成标准不确定度（u）与包含因子 k = 2 相乘得出，对应约 95% 的置信区间。测量不确定度按照 GUM [15] 确定。所报告的不确定度估计值适用于测量期间所获得的数值，未考虑可能的长期变化。

传导 EMI 测量不确定度预算

不确定度来源	**标准不确定度 u(xi)/xi（dB）**
重复性（A 类）– 装置 + EUT	0.953
EMI 设备准确度（来自校准证书）	0.185
噪声与信号质量	0.577
带宽与分辨率带宽（RBW）	0.289
测量时间与平均	0.115
环境因素	0.115
相对合成标准不确定度（RSS）：	1.18
扩展不确定度 U（k=2，正态）：	2.35

结语

本文旨在阐述我们在效率与噪声测量中所遵循的方法学，ETA 与 LAMBDA 认证正是由此得出。此外，我们希望分享在无数次 PSU 评估之后所积累的知识，帮助其他拥有适当设备和相应 ISO 认证（17025）的实验室，证明所有流程都将被详尽遵循并按照我们的标准接受检验。

除了完整呈现我们的效率与噪声方法学之外，我们还决定再迈出（一大）步，更新并公布我们的整体性能算法。借助该算法，任何人都可以在考虑包括保护功能在内的所有关键因素（而不仅是纯粹性能）的前提下，对任意数量的电源进行高度细致的比较。开发这一算法是一项艰巨的任务，我们将根据日后积累的新数据和经验持续更新它。尽管如此，我们计划在 beta 评估中使用该算法。我们还会将其分享给一些媒体/评测网站，包括 以帮助它们提供更准确的比较结果。 Hardware Busters

参考文献

[1] IEEE Std 1515-2000, IEEE Recommended Practice for Electronic Power Subsystems: Parameter Definitions, Test Conditions, and Test Methods.

[2] IEC 62301:2026, Measurement of standby power for appliances and equipment, edition 3.0. https://webstore.iec.ch/en/publication/90194

[3] IEC 62368-1, Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements. (Supersedes IEC 60950-1, withdrawn 20 December 2020.)

[4] Power Supply Design Guide for Desktop Platform Form Factors, Revision 002, June 2018, Intel Corporation.

[5] Server System Infrastructure (SSI) Power Supply Design Guidelines, Intel Corporation.

[6] ATX Wikipedia: . Accessed on 3 October 2026.https://en.wikipedia.org/wiki/ATX#ATX_power_supply_derivatives

[7] Total harmonic distortion Wikipedia: . Accessed on 3 October 2026.https://en.wikipedia.org/wiki/Total_harmonic_distortion

[8] ISO/IEC 17025:2017, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, November 2017.

[9] ISO7779: 2018 - Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment.

[10] ISO 11201:2010 (E) - Acoustics - Noise emitted by machinery and equipment – Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane with negligible environmental corrections.

[11] ECMA-74, 22nd edition, December 2025 – Measurement of Airborne Noise emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment. ECMA International, Geneva. (Aligned with ISO 7779.)

[12] ECMA-74, 22nd edition, December 2025, clause 8.6.3 (bystander positions) – Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment. ECMA International, Geneva.

[13] ATX Version 3.0 Multi Rail Desktop Platform Power Supply: . Accessed on 3 October 2026.https://edc.intel.com/content/www/us/en/design/ipla/software-development-

platforms/client/platforms/alder-lake-desktop/atx-version-3-0-multi-rail-desktop-platform-power-supply-design-guide/2.0/2.01/introduction/

[14] ATX Version 3.1 Multi Rail Desktop Platform Power Supply: . Accessed on 3 October 2026.https://edc.intel.com/content/www/us/en/design/ipla/software-development-platforms/client/platforms/alder-lake-desktop/atx-version-3-0-multi-rail-desktop-platform-power-supply-design-guide/2.0/2.1a/

[15] JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995 with minor corrections). Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008.

[16] CYBENETICS, The Cybenetics SAFE Standard – Safety and Functional Certification Protocol for Affordable AC-DC Power Supplies.