完整的 Cybenetics 測試規範，包含 AC-DC 電源供應器的能源效率、輸出噪音與整體效能計算

修訂版 **5.2**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**



賽普勒斯，尼古西亞

2026 年 11 月

修訂歷史

版本	發布日期	備註
1.0	2020 年 2 月	初稿
1.1	2020 年 3 月	整體效能演算法更新
1.2	2020 年 6 月	噪音量測程序更新
1.3	2020 年 7 月	新增背景噪音計算
1.4	2020 年 8 月	新增漏電流設備並更新 EMI 設備
1.5	2021 年 1 月	部分定義變更
1.6	2021 年 5 月	負載調整率計算變更及其他小幅修正
1.7	2021 年 9 月	小幅變更
1.8	2021 年 9 月	修正 Eq10 說明中的錯誤、更新電源供應器時序說明、Eq12 變更
1.9	2021 年 11 月	新增冗餘式電源供應器的效率與 PF 計算，並進行若干變更以納入 ATX12VO 電源供應器
2.0	2022 年 5 月	新增針對相容 ATX v3.0 之電源供應器的暫態響應測試
2.1	2022 年 6 月	修正 Eq 8 中的錯字
2.2	2023 年 1 月	變更效能計算演算法與範例
2.3	2023 年 2 月	效能計算演算法變更（ATX v3.0 暫態響應加分）
2.4	2023 年 2 月	修正效能計算範例中的部分錯字
2.5	2023 年 3 月	ATX v3.0 測試程序更新
2.6	2023 年 5 月	5VSB CL 測試負載改為 3 W
2.7	2024 年 1 月	OCP 加分變更
2.8	2024 年 6 月	小幅變更
2.9	2024 年 9 月	新增風扇故障加分點與 ATX v3.1 參考。維持時間之澄清說明。
3.0	2024 年 9 月	新增背景噪音螢幕擷圖。其他小幅變更。
3.1	2025 年 4 月	新增交流輸入保護功能評估測試。
3.2	2025 年 6 月	新增電源供應器線材線規要求
3.3	2025 年 8 月	新增電源供應器線材類型
3.4	2025 年 8 月	新增 EMC 預符合性與不確定度計算
3.5	2026 年 1 月	方程式參照正規化、EMI/EMC 術語澄清、圖與表標題一致性
3.6	2026 年 2 月	新增噪音量測說明與 Faganas 軟體驗證。不確定度修正。所用設備升級。新增峰值功率偏移測試方法論。
3.7	2026 年 6 月	新增叢發活動指數（BAI）方法論。
3.8	2026 年 6 月	在峰值功率偏移一節中新增暫態響應量測方法論小節（交流耦合下陷擷取與 Vmin = Vbefore − Drop_V 重建）
3.9	2026 年 8 月	量測不確定度更新為現行受控預算（P19）。
4.0	2026 年 8 月	文件管制：封面日期現已與所載修訂版一致。測試條件已釐清：30 °C（±2 °C）的環境溫度為起始設定值，熱箱於測試結束時達到 32-34 °C，此點效率量測程序一節原已載明。

版本	發布日期	備註
4.1	2026 年 8 月	時間說明釐清：超過 1450 種負載組合為 28-32 °C 下的 CL 量測，每個負載等級約五秒；而四到十分鐘的停留時間屬於在高環境溫度下進行、僅供參考的一般負載測試。保護功能加分修正：OCP 加分係逐一電軌授予，因此完全符合的加分為 2.25 分而非 1.75 分。量測值、測試與已公布評分均未變更。
4.2	2026 年 8 月	保護功能：加入說明，保護功能結果僅供評分，並非安全性評估；Cybenetics SAFE 為獨立、各自成立的認證，並未被 ETA、LAMBDA 或整體效能評分涵蓋、隱含或取代。新增參考文獻[16]。量測值、測試與已公布評分均未變更。
4.3	2026 年 8 月	參考文獻[16]改為不註明版次。原載 Cybenetics SAFE 標準為修訂版 1.6，而該標準於同日稍後之修訂已使其過時。由於該文件亦回頭參照本文件，雙方採用註明版次之參照無法收斂——後發佈者必使先發佈者失準。[16]現僅列 SAFE 標準名稱而不註明版次，恆指其現行修訂版。量測值、測試與已公布評分均未變更。
4.4	2026 年 9 月	精確載明認證測試之環境溫度。原有敘述將熱箱描述為自 30 °C（±2 °C）開始並於每次測試結束時達到 32-34 °C，等同將例外情形描述為通則。產生認證結果所依據的受控條件為 30 °C（±2 °C）；對於高功率機種，其散熱量可能超出熱箱的冷卻能力，環境溫度於測試接近結束時可能上升至 32-34 °C。現已同時載明兩者。量測值、測試與已公布評分均未變更；35-45 °C 的高溫測試與 23-28 °C 的尖峰功率條件不受影響。
4.5	2026 年 9 月	量測不確定度已更新至目前受控的不確定度預算（P19）。效率量測的不確定度現為±0.43%，係依據涵蓋四座測試平台與三個量測時段、共 48 次執行且每次執行間完全拆除與重建的實驗室內再現性基礎重新推導。由於所報告的結果為單次量測，A 類分量即為再現性標準差本身。噪音與傳導性 EMI 維持不變。
4.6	2026 年 9 月	已修正對其他方法的兩項誇大陳述。本程序原稱現有標準會進行「三至四」次量測；目前公布的 80 PLUS 方法為桌上型電源列出七種負載條件，其中六種為帶載條件，因此現改述為少數幾個固定負載點。本程序亦曾聲稱，寬範圍的負載掃描會使製造商「不可能」針對指定負載級進行調校；如此規模的掃描會大幅增加選擇性調校的難度，但並非不可能。任何量測值、測試或已公布的評級均未變更。在德文版及中文版中，另有四個段落因先前未透過翻譯記憶庫翻譯而重新翻譯；其含義未變。

版本	發布日期	備註
4.7	2026 年 9 月	已修正文件版面：封面僅保留標題區塊與標誌，修訂歷史自第 2 頁開始，移除重複或未翻譯的目錄標題，並改善表格分頁。任何量測值、測試與已公布的評級均未變更。
4.8	2026 年 9 月	叢發活動指數（BAI）方程式已修訂。分數現由高於固定死區的輸入功率取樣的穩健離散程度所驅動，先前之間隙項以加法方式保留；新增 IQR 與 CVrobust 之定義；量測條件現要求合格的擷取設定檔、已完成視窗門檻，以及對無法提供的量測作明確報告。在先前修訂版下發表的 BAI 結果與本修訂版下的結果不具可比性。其他量測值、測試或已發表評等均無變更。
4.9	2026 年 10 月	測試報告範例已替換為目前的報告（#3425）。參考資料已於 03-10-2026 重新檢查：移除了不再屬於 SSI Forum 的網站連結，更新了已移動的 IEEE 連結及存取日期。
5.0	2026 年 10 月	採用 IEC 62301:2026 作為空載待機輸入功率的參考，說明實驗室實作及資格確認的限制，並區分有負載的 5VSB 效率。更換輸出噪音測試設置圖，並明確規定電源供應器側面的朝向。修正噪音能量平均的文字及 ECMA-74 / ISO 11201 的版本引述。量測值、測試結果、量測不確定度及已公布的評級均未變更。
5.1	2026 年 10 月	噪音測試設置說明中的麥克風角度已修正為 30° 至 45°，與設置圖一致。量測值、測試、量測不確定度及已公布的評級均未變更。
5.2	2026 年 11 月	新增僅供參考的負載區間效率、功率因數與噪音結果以及高負載指數。無任何量測值、測試、不確定度或已公布評級改變。

目錄

定義 8
交流訊號 8
環境溫度 8
視在功率 8
AWG 8
直流訊號 8
效率 8
PSU 8
IEEE Std 1515-2000 8
ATX 規範 9
輸出電壓紋波 9
真實功率因數 9
波峰因數 9
電軌或直流匯流排 9
額定交流輸入電壓範圍 9
額定直流輸出電壓 9
額定直流輸出功率與電流 9
RMS（均方根值） 9
穩態 10
總諧波失真（THD） 10
UUT 10
前言 11
測試設置與量測條件 11
測試設備要求 11
測試設備 13
量測軟體 – Faganas ATE 14
Faganas 軟體功能 14
輸入電壓與最大瓦數輸出 15
測試條件 15
效率量測程序 15
叢發活動指數（BAI）方法論 19

目的與範圍 19
BAI 定義 19
量測條件 19
方程式 19
判讀 20
與其他指標的關係 20
電感嘯叫的關聯性 20
輸出噪音量測程序 20
背景噪音計算 21
輸出噪音量測測試設置 23
ISO 7779 / ECMA-74：旁觀者位置麥克風，距離 1 m、高度 1.5 m 25
標準中的麥克風入射角（30° 至 45°） 26
ISO 11201:2010 – 自由場音壓法支持此一設置 26
結論 – 公認標準與替代方案 26
EMI 發射 – 說明與設備 27
EMI 發射 – 能力試驗與 Cybenetics 證書 28
EMI 發射 – CISPR 32 / EN55032 限值 29
EMI 發射 –EMI 結果（通過 / 失敗範例） 30
峰值功率偏移（ATX v3.x 與 PCIe 5.x 規範） 31
目的與範圍 31
參考文獻 31
定義 31
設備（最低要求） 32
測試條件 32
負載分配 32
所需的偏移特性曲線 33
逐步程序 33
暫態響應量測方法論 34
核心概念：量測下陷，而非整個訊號 34
基準：初始（Tc）電壓 35
整合起來 35
為何此法比僅用示波器的絕對擷取更準確 35

通過 / 失敗判定準則 35
須記錄的資料（報告最低欄位） 36
電源供應器線材要求 36
整體效能計算 37
負載調整率 38
紋波抑制 38
暫態響應 38
開機暫態電壓過衝 39
平均效率 40
最大額定容量 2% 負載時的效率，或 10W 時的效率（適用於 <500W 電源供應器） 40
5VSB 平均效率 40
待機功耗 40
平均 PF 40
維持時間 40
Power-ok 訊號 41
容量 41
電源供應器時序 42
電源供應器保護 42
整體效能評分計算 44
整體效能評分計算範例 44
負載區間結果（僅供參考） 46
這些結果是什麼 46
我們如何計算 48
冗餘電源供應器 49
為何重要 49
如何解讀結果 51
限制 52
測試報告範例 53
不確定度估計 – 效率 / 噪音 / EMI 53
結語 56
參考文獻 57

定義

交流訊號

一種隨時間變化的訊號，其極性以週期 T 變化，且平均值為零。[1]

環境溫度

緊鄰待測件（UUT）周圍空氣的溫度。[1]

視在功率

RMS 電壓與電流的乘積（VA）。亦稱為總功率。

AWG

AWG（American Wire Gauge，美國線規）是美國用來量測導電線材直徑的標準化系統。線規編號與線材粗細成反比：AWG 編號越大，線材越細。它常用於住宅、電子產品與工業應用的電氣佈線。

直流訊號

極性與振幅不隨時間變化的訊號。[1]

效率

效率定義為總直流輸出功率（所有作用中輸出電軌的 V×I 總和）與在電源供應器輸入端所量測之交流輸入實功率的比值，以百分比表示。量測是在既定的穩態運作條件下，使用可追溯至 SI 單位的校準儀器進行。擴展不確定度依 JCGM 100:2008 計算，並以 k=2（≈95% 信賴水準）報告。

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

輸入功率（Pin）包含 UUT 散熱風扇所需的功率。

PSU

電源供應器（Power Supply Unit）將某一電壓轉換為一組或多組直流電壓輸出，視其類型而定。例如，具備多組直流電壓輸出（電軌）的電源供應器主要用於桌上型電腦。

IEEE Std 1515-2000

IEEE Std 1515 [1] 是一份主要的規範語言標準，提供參數定義、測試條件與測試方法。它並未試圖將規範本身標準化，而是提供一個基礎，讓所有人能在公平的立足點上使用相同的語言。該標準已於 2019-11-07 撤銷 [https://standards.ieee.org/ieee/1515/2255/]，但由於其中若干定義仍然適用，我們決定加以沿用。

ATX 規範

ATX（Advanced Technology eXtended）是 Intel 於 1995 年開發的主機板與電源供應器組態規範，用以改進先前如 AT 設計等實質標準。[6]

輸出電壓紋波

疊加於直流或低頻交流電壓上的最大交流電壓，以峰對峰值電壓表示。其用意在於描述與輸出切換頻率（或輸出切換頻率兩倍）之切換動作相關的殘餘成分。

真實功率因數

真實功率因數是以瓦特為單位的有效功率（實功率，P）與以伏安為單位的視在功率（S）之比值

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

波峰因數

波峰因數是峰值電流與 RMS 電流（或峰值電壓與 RMS 電壓）的比值。例如，對於純正弦波形，波峰因數為 1.414，而對於純定值直流負載，波峰因數為 1.0。

電軌或直流匯流排

電源供應器中任何一組向所連接系統供電的直流輸出。多電軌電源供應器的標準電軌為 +12V、+5V、+3.3V、+5VSB，而 -12V 依最新 ATX 規範為選用項目。

額定交流輸入電壓範圍

輸入電壓範圍（最小 / 最大）由 UUT 製造商提供，並標示於 UUT 的電源標籤上。

額定直流輸出電壓

說明

額定直流輸出功率與電流

額定直流輸出功率與電流是電源供應器在指定環境溫度下，其電軌所能提供的最大負載。製造商會提供電源供應器各電軌的直流輸出功率與電流，並標示於電源標籤及包裝上。因此，若兩者有任何差異，我們一律以電源供應器上的電源標籤為準。

RMS（均方根值）

在整個週期內取函數值平方的平均值後再開平方根。例如，正弦波的 RMS 電壓值可計算為：

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

其中 T 為波形的週期，

V(t) 為時間 t 時的瞬時電壓

VRMS 為 RMS 電壓值。[1]

穩態

系統的一種運作狀態，其中被觀測的變數依系統轉移函數的定義，對輸入或其他激勵已達到平衡狀態。就電源供應器而言，這可能表示系統輸出處於某一定值電壓或電流值。[1]

總諧波失真（THD）

總諧波失真（THD 或 THDi）[7] 是訊號中所含諧波失真的量測值，定義為所有諧波成分功率總和與基頻功率的比值。

UUT

UUT 是「Unit Under Test」（待測件）的縮寫，指受測的電源供應器樣品。

前言

本文的目的在於清楚說明我們的方法論與測試程序，不僅涵蓋效率與噪音輸出結果，也涵蓋電源供應器所有重要的效能面向，包括紋波抑制、暫態響應、維持時間、突入電流等。

對於希望確認自家產品是否符合我們效率與噪音標準（ETA 與 LAMBDA）的所有品牌與製造商而言，本文將是絕佳的資訊來源。此外，正如 ISO17025:2017 [8] 所要求的，它讓每一間具備適當設備的實驗室都能驗證我們的結果。進一步說明：兩間擁有校準設備、具備相同能力且能提供相近結果準確度的實驗室，只要遵循相同的方法論，應得出一致的結果。Cybenetics 是一個驗證機構，將接受所有依照所提供之方法論取得必要數據的 ISO17025 認證實驗室所提出的結果，ETA 與 LAMBDA 認證即由這些數據衍生。但這些實驗室必須先經過 Cybenetics 評估。

迄今，現有的效率標準存在許多缺陷，其中包括測量次數有限（通常僅為少數幾個固定負載點）、進行測試時的環境溫度非常低、完全未測量待機電軌，以及未提及用於進行測量的設備。尤其是最後一項極為重要，因為每份妥善的測試報告都宜列明用於進行所有測量的設備。

有些人可能認為每一型號只測試一或兩個樣品並不足夠，特別是考量到量產過程中可能發生變更。然而，對於參與 CybenPass 計畫的品牌而言，此一疑慮已獲得有效解決。

CybenPass 能以較低成本進行多樣品評估，讓 Cybenetics 得以測試不同生產階段的多個單元——從早期工程樣品到最終零售版本。這確保了對每一型號更具代表性的評估。

同時，Cybenetics 也持續監測真實世界的使用者回饋。若有任何關於零售單元與原始受測樣品之間差異的回報，我們會立即採取行動，包括要求重新送交該特定型號進行再評估。

此外，近期最重要的強化之一，是所有報告中納入的詳細零件分析。此種透明度讓任何元件層級的變更——無論是與平台、電容、控制器或散熱相關——都能被迅速辨識。因此，即使是細微的生產變更，長期下來也無法不被察覺。

測試設置與量測條件

測試設備要求

所需設備均經過校準，其最低要求如下：

1) 交流電源（可程式化）

- **電壓 / 頻率：90–264 Vac（或更寬），45–65 Hz（或更寬），正弦波輸出，低失真（須指明 THD 上限）**
- **功率能力：≥ 4 kVA 連續（涵蓋高功率電源供應器並具餘裕）**
- **調整率：≤ ±0.5%（V）線調整率 / 負載調整率（或更佳）**
- **量測 / 監控：具備已記載準確度的輸出 V/I/P 回讀**

2) 直流電子負載（多通道）

- **模式涵蓋：CC（必要），另加 CR/CP 與動態 / 脈衝（建議用於 ATX 暫態測試）**
- **準確度（各通道）：**

    - 電流設定 / 量測：≤ ±0.2% rdg（或更佳）
    - 電壓量測：≤ ±0.1% rdg（或更佳）
- **解析度：電流解析度須精細到足以支援低負載點（例如低電流電軌上的 0.01 A 等級）**
- **動態效能：可程式化階躍負載，其上升 / 下降時間 / 變化率須有記載且足以支援所採用的暫態方法**

3) 功率分析儀（效率＋電能品質）

- **功率 / 能量準確度：在用於效率量測點的操作範圍內 ≤ ±0.1% 讀值（建議）**
- **取樣 / 頻寬：須足以量測現代電源供應器的波形（PFC、諧波）；並指明最低量測頻寬**
- **功能：實功率（W）、VA、VAR、PF、Vrms/Arms、諧波 / THD（依所採用方法適用者）**

4) 示波器 / 波形擷取（紋波、暫態、維持時間、時序）

- **類比頻寬：≥ 100 MHz（觀察電源供應器紋波 / 暫態的典型最低值；依所採用方法設定）**
- **取樣率：≥ 1 GS/s（或以有記載的頻寬 / 混疊控制作合理說明後採用較低值）**
- **垂直解析度：≥ 8-bit（越高越佳）＋低噪音前端**
- **探棒：適用於 mV 級紋波的差動 / 低噪音量測探棒；須指明探棒頻寬與 CMRR**
- **時基準確度：須指明並經過驗證**

5) 聲學量測鏈（Lambda / 噪音測試）

- **噪音計 / 分析儀：IEC 61672-1 Class 1（或同等級），具備 LAeq / 記錄功能**
- **麥克風：相容 Class 1，其記載之自身噪音須低到足以符合所需本底噪音，並附校準數據**
- **聲學校準器：IEC 60942 Class 1（建議），用於量測前後檢查**

6) 溫度量測（電源供應器＋環境）

- **準確度：≤ ±0.5 °C（或由不確定度預算加以佐證）**
- **解析度：0.1 °C 等級**
- **感測器：須定義型式 / 配置；響應時間須符合穩定判定準則**

7) 轉速計（風扇 RPM）

- **範圍：涵蓋 0–10,000+ rpm**
- **準確度：≤ ±1% rdg（或更佳）**

8) DMM（輔助電壓 / 電流檢查）

- **DCV 準確度：≤ ±0.01% rdg 等級（桌上型 DMM）**
- **使用情境：抽查、電軌 / 感測器的交叉驗證**

9) 供電連續性（UPS）＋隔離變壓器

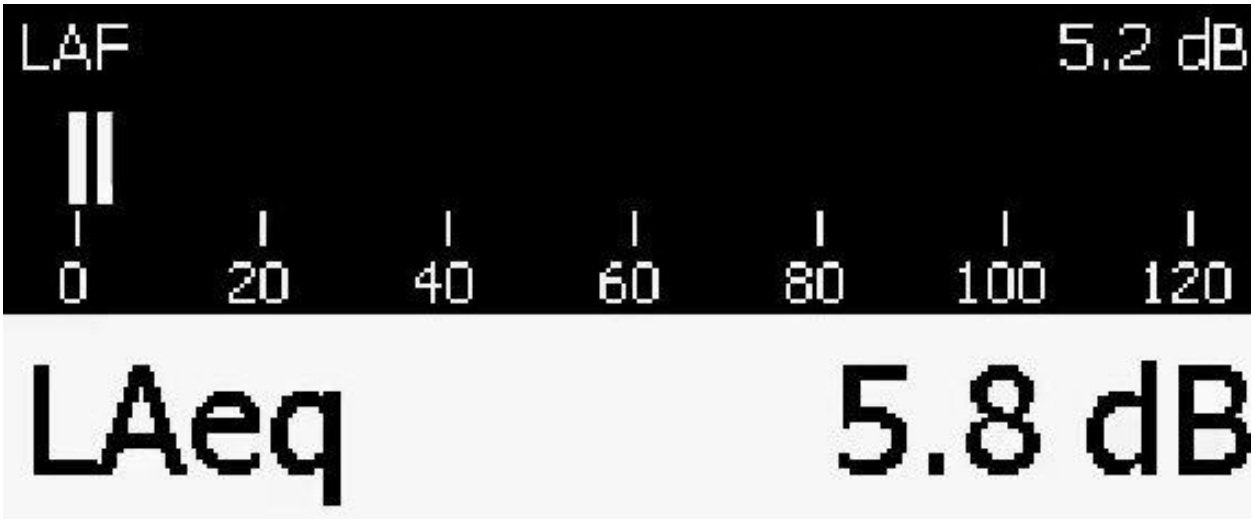
- **UPS 容量：其規格須足以避免測試期間發生切換事件（≥ 實驗室尖峰負載；並納入續航時間規格）**
- **隔離變壓器：≥ 4 kVA**

測試設備

所有量測均使用數座設備齊全的 Chroma 63600 測試站進行。每一座可提供超過 4 kW 的負載，並包含兩台 63601-5 與一台 63600-2 主機。此外，上述每一台主機均搭載十組 63640-80-80 [400 W] 電子負載以及兩組 63610-80-20 [100 W x2] 模組。

我們使用的交流電源為 Chroma 6530（最高可提供 3 kW 功率）、Keysight AC6804B（最大功率 4 kW）、APM SP300VAC4000W-P（最大功率 4 kW），以及 GW-Instek ASR-3500（最大功率 5 kW）。所有交流電源均透過大功率隔離變壓器連接至市電網路。最後，我們以在線式 UPS 裝置保護這些交流電源。

其餘設備包括 Picoscope 4444 與 Siglent SDS2104X PLUS 示波器、Picotech TC-08 熱電偶資料記錄器、Keysight U1273AX 萬用電表，以及具備 0.05% 基本準確度的 Rohde & Schwarz NPA701 與 HMC8015 功率分析儀。我們也使用數台 UNI UT372 轉速計。



噪音量測以 Class 1 的 Bruel & Kjaer 聲學分析儀（2270 G4 與 2250-L G）進行，搭配 4955-A 型低噪音自由場麥克風，可量測低至 5 dB(A) 的音量（我們亦備有 4189 型麥克風，其 A 加權動態範圍為 16.6-140 dBA）。這些聲學分析儀安裝於一間本底噪音接近 6 dB(A) 的半消音室內。每次噪音量測前，均使用 Bruel & Kjaer Type 4231 對聲學分析儀進行校準。

由於本實驗室配備 TekBox TBMR-110M EMI-ANALYZER（1Hz - 110MHz），**我們可執行電磁相容性**（EMC）**評估。在此測試中，我們也使用** Tekbox TBL5008-2C LISN **將市電與待測裝置**（DUT）**隔離。若有需要辨識** EMI **來源，我們備有一組** Tekbox EMC **探棒**（TBPS01）**與一台** TBWA2 **寬頻放大器。**

量測漏電流時，我們使用 GW Instek GLC-9000 **漏電流測試儀。**

量測軟體 – Faganas ATE

我們方法論的關鍵環節之一，是連接所有所用設備（甚至包括熱箱）的控制與監控軟體。這套應用程式已開發十年，包含數千行程式碼。我們近期以 C# 重新撰寫此應用程式，以符合現代程式開發趨勢。

除了蒐集所有數據、加以儲存，並允許以任何符合我們需求的形式匯出之外，其最重要的功能之一，是讓我們能對所取得的所有讀值取平均。在高環境溫度下進行、僅供參考的一般負載測試中，我們會在每一個不同的負載等級上檢查四到十分鐘，在這段期間內，我們不是隨機取用任何讀值，而是蒐集全部讀值並以平均值作為最終結果。這是取得高準確度結果的唯一方式。此外，隨著電源供應器內部溫度升高、其線材電阻改變，因溫度差異而出現電壓、負載與效率的差異是很自然的。因此最好的做法，就是將整個測試過程中的所有讀值納入考量，並以平均值作為最終結果。

Faganas 軟體功能

Faganas 不執行原始電氣量測。所有電氣量（交流電壓、交流電流、交流輸入功率、直流電軌電壓、直流電軌電流、功率因數與風扇轉速）均由外部校準儀器量測、數位化並進行數值處理。

Faganas 透過數位介面接收已完成的數值讀值，並僅執行記錄、時間對齊、彙整與次級計算。

Faganas 的功能為資料擷取、彙整與報告層。所有電氣與機械量均由校準過的外部儀器量測與計算。Faganas 不會修改、縮放或重新詮釋儀器讀值；因此驗證的重點在於資料完整性、時間一致性，以及由儀器回報值所衍生之次級計算的正確性。

功能	**職責**
電壓量測	儀器
電流量測	儀器
功率計算	儀器
PF 計算	儀器
風扇轉速量測	儀器
取樣與 ADC	儀器

功能	職責
數值縮放	儀器
資料傳輸	儀器 + Faganas
時間對齊	Faganas
記錄	Faganas
衍生指標（效率、總和）	Faganas
報告	Faganas

輸入電壓與最大瓦數輸出

除了 115 V 與 230 V 之外，我們也在 100 V 下進行測試，以檢視電源供應器在較低輸入電壓下的表現。由於我們在接近 45°C 的高環境溫度下對所有電源供應器施以嚴苛測試，因此避免以更低的輸入電壓（例如 90V）進行測試，因為電源供應器故障也可能損壞與其直接連接的功率分析儀。然而，藉由提高熱箱內的溫度並施加高於標稱值的負載，我們已對 DUT 施加了極大的壓力，特別是在 100 V 輸入下，模擬了部分最惡劣的真實使用情境。

我們依據電源供應器的標籤來確認其最大瓦數輸出。對於宣稱可在 50°C 下持續提供滿載輸出的電源供應器，我們也會在運作溫度超過 45°C 的條件下，以其最大額定容量的 110% 負載進行測試。

測試條件

效率與噪音輸出測試是在熱箱內受控的 30 °C (±2 °C) 環境溫度下進行。認證結果即在此條件下產生。對於高容量 PSU，其散熱量可能超過箱體的冷卻能力，因此環境溫度在測試接近結束時可能升至 32-34 °C。全程監測環境溫度。我們也會在 35-45°C (±2 °C) 的較高環境溫度範圍內進行測試。

效率量測程序

與僅在少數幾個固定負載點進行測量的現有方法不同，我們在 DUT 上施加超過 1450 種不同的負載組合。這些是 CL（組合負載）測量，測量時將熱箱內的環境溫度控制在 30 °C (±2 °C)，且每個負載級別維持約五秒。整個程序總共持續約兩個半小時。整體效率或平均效率是所有測量結果的平均值，涵蓋 PSU 的整個運作範圍；但冗餘 PSU 除外，對其我們測量 PSU 運作範圍的 2-100%。如此一來，製造商便更難針對某些特定負載級別調校產品，因為實質上，我們考量的是更多不同負載組合下的效率，這些負載組合均勻分布於整個負載範圍。除了效率之外，我們也測量電壓、漣波、功率因數、噪音和溫度。

對於 ATX12V 電源供應器，我們力求在 5V 與 3.3V 上至少有 20 種不同的負載等級。同時，我們也在 +12V 上設定適當的負載級距，使 +12V、5V 與 3.3V 合計至少能產生 1450 種負載組合。最後，我們在 5VSB 上施加 0.6A 的固定負載，而不處理 -12V，因為最新的 ATX 規範已不再要求該電軌。

在僅具單一主電軌與一組待機電軌的冗餘式與 ATX12VO 單元中，我們以每次 1W 的幅度增加待機電軌的負載，因此若該電軌容量為 15W，我們便施加 15 種不同的負載等級（每次增加 1W），同時在主電軌上設定適當的負載級距，以達成至少 1450 種不同的負載組合。



下方以程式碼形式提供用於推導 ATX12V 電源供應器各電軌負載等級的演算法說明。對於僅有兩組電軌（主電軌與待機電軌）的單元，則使用較簡單的演算法。在我們所選定的 +12V 與 5V/3.3V 瓦數級距下，輸出表格會包含所有可能的負載組合。我們也為各電軌所施加的最小負載設有一個項目。某些次級側採用群組穩壓架構的較舊電源供應器，無法在 +12V 零負載而次要電軌滿載（或反之）的情況下正常運作。最後，5VSB 上的負載在這些測試中維持不變。我們如此選擇有兩個原因：其一，這是待機電軌，因此在電源供應器運作時多半不會被使用；其二，若我們也將此電軌納入下方所示的演算法，對應的測試時間將會拉長許多。

```
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

        }
       }
```

我們的方法所提供的大量資料，使我們能夠在需要時快速修改效率認證計畫。最後，我們將 PSU 置於熱箱內，在受控的 30 °C (±2 °C) 條件下進行測試，以模擬機殼環境並貼近實際使用條件。

吸血鬼功耗（5VSB 電軌無負載時的耗電量）在 ATX12V 與 ATX12VO 單元中極為重要，因為這些能量全數浪費掉，而且多數 PC 系統並非 24/7 全天候運作，意味著一天中有相當長的時間，電源供應器只是在耗電卻未做任何有用的事。我們採用 IEC 62301:2026 [2] 作為空載待機輸入功率量測的參考。若 DUT 未達到我們的標準，它將自動被降至下一個較低的效率認證等級。在我們的實驗室程序中，DUT 的交流輸入已連接，電源開關已開啟，主要輸出已停用，且待機電軌未施加外部負載。量測使用功率分析儀內建的 IEC 62301 應用程式執行。留存的分析儀報告標示採用 Sampling Method。操作人員等待至少 15 分鐘，若測試失敗則重複測試，並將分析儀的 HTML 報告儲存至 USB 隨身碟，再轉存至本機儲存空間。在此過程中，若交流輸入的 THD 讀值超出規格，該結果會被應用程式判定為無效。報告保留平均功率、測試時長、儀器配置及市電品質檢查結果。在分析儀 / 軟體實作、留存的

取樣資料、穩定性評估及待機功率量測不確定度依該版本完成資格確認之前，不宣稱完全符合 2026 版。

除上述各項外，ETA 也會將待機電軌的平均效率納入考量。我們以 0.05 A 為級距量測此電軌直至其最大電流輸出的效率，並以所有量測值的平均作為最終效率結果。因此，我們期望所有電源供應器在此電軌上的平均效率輸出超過 70%，而對於落在 ETA 計畫最高等級的單元，此門檻設定得更高。

此有負載的待機電軌效率掃描與空載待機輸入功率量測不同。

叢發活動指數（BAI）方法論

目的與範圍

叢發活動指數（BAI）描述電源在輕載下其輸入功率的變化程度。與效率、PF、漣波或波峰因數量測不同，BAI 評估的是電源是否反覆偏離其自身的平均輸入功率——即不連續 ON/OFF 能量傳遞的特徵——以及在指定擷取設定檔的時間解析度下該行為的嚴重程度。它是一種分析儀解析的活動指標：它無法證實某一單元在物理上為無叢發、無法識別所涉轉換器拓撲，亦無法量測電感嘯叫。

BAI 定義

PAR（峰值對平均值比）：PAR = Ppeak / Pavg，其中 Ppeak 為所量測到的最大輸入功率，Pavg 為同一觀測視窗內的平均輸入功率。

IdleFraction：總觀測時間中，輸入功率維持低於所定義閒置門檻的時間比例。

PF_Window：已完成觀測視窗的功率因數，由該視窗內每一個有效取樣的累積實功率與視在功率導出。AvgAbsPfDelta 係以此單一已完成視窗數值為基準進行評估，而非以動態估計值為基準。

AvgAbsPfDelta：瞬時 PF 與 PF_Window 之間的平均絕對偏差。

IQR（四分位距）：IQR = Q3 - Q1，其中 Q1 與 Q3 為觀測視窗內所記錄輸入功率取樣的第 25 百分位數與第 75 百分位數，以有序取樣間的線性內插取得。

CVrobust（穩健變異係數）：CVrobust = (IQR / 1.34898) / Pavg。除數將四分位距轉換為標準差等效尺度。採用穩健尺度取代標準差，係因觀測視窗較短；否則單一異常取樣即會主導結果。

量測條件

BAI 量測係於低載運轉期間執行。輸入功率取樣應於完整觀測期間內連續記錄並評估。觀測視窗、取樣節奏、分析儀量測速度、濾波及量程應於合格的擷取設定檔中固定，並隨每一結果標示；未經等效性測試，不同擷取設定檔下所得結果不應視為可互換。已完成視窗內的每一個取樣，應以由該視窗自身平均值導出的單一閒置門檻進行分類，且 AvgAbsPfDelta 應以已完成視窗的 PF_Window 為基準進行評估；不應使用動態或增量參考，因為其會使結果取決於取樣到達的順序。未具備擷取設定檔所定義最少可接受取樣數量，或其平均輸入功率未超過閒置門檻下限的視窗，應報告為無法提供，而非報告為零。

方程式

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

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

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

建議的縮放常數為 k = 5.0。k 因子應於所有電源評估中保持固定，以維持報告與認證資料庫之間的可比性。離散死區為 0.015，且與 k 相同，應於所有電源評估中保持固定。

重要說明：IdleFraction 為零不再強制分數為零：在無任何取樣低於閒置門檻的情況下，量測到高於死區的離散程度即產生非零 BAI。先前定義將整個分數繫於閒置項之上，而該閒置項在指定擷取設定檔的取樣解析度下無法觀測，因此每一次評估均返回零——包括輸入功率變化顯著的單元。BAI 為零表示在所述擷取條件下無超出本方法靈敏度的活動；不應將其描述為無叢發運作的證明。未能完成的量測應報告為無法提供，絕不應報告為零。修訂版 4.7（含）以前版本下所發表的結果，係由已被取代的間隙閘控方程式所產生，與本修訂版下的結果不具可比性。

判讀

BAI 分數依下列級距判讀：

BAI 分數	分類
0 – 5	無叢發 / 極為平順
5 – 20	輕微叢發活動
20 – 50	中度叢發行為
50 – 75	劇烈叢發模式
75 – 100	嚴重叢發行為

與其他指標的關係

波峰因數評估的是瞬時波形的尖銳程度，PAR 評估的是功率隨時間的變化，而 BAI 評估的是實際的叢發模式行為。這些指標彼此互補，不應互相替代使用。

電感嘯叫的關聯性

BAI 並非直接量測電感嘯叫。然而，較高的 BAI 值代表較強的叢發模式活動，可能提高叢發引發聲學激振的機率。

輸出噪音量測程序

如同我們在效率量測程序中已提及的，我們在 DUT 的電軌上施加至少 1450 種不同的負載組合，同時監控包括風扇轉速在內的所有關鍵數據。取得風扇轉速範圍數據後，我們以盡可能小的間隔進行噪音量測，以獲得高準確度並涵蓋整個範圍。例如，若風扇轉速範圍為 400-2000 RPM，我們便以每 50 RPM 為間隔進行噪音量測。

噪音量測在半消音室中進行，DUT 處於關閉狀態，其風扇連接至外部電源供應器，施加達到所需風扇轉速所必要的電壓。此外，風扇轉速由轉速計持續監控。如此一來，我們便能排除第三方噪音，包括電子負載的噪音。

我們製作一份表格，列出以 RPM 表示的風扇轉速及該轉速下對應的噪音值。之後，我們的軟體會檢視負載測試期間所蒐集的所有數據，並使用上述表格為每一個風扇轉速值指派一個分貝值。

所報告之 A 加權音壓位準的判定，係基於依照 ISO 7779 [9] 與 ECMA-74 [11] 執行的音壓位準量測。由於以分貝表示的音壓位準是對數量，直接對不同運作條件下所量測的 dBA 值進行算術平均在物理上並無意義，也無法代表音源真實的聲學能量。

為確保正確的能量表述，在既定負載組合下所取得的每一個 A 加權音壓位準量測值，都會被換算為對應的線性音壓平方值。接著對這些音壓平方值進行算術平均，再將所得的平均平方音壓換算回以 dBA 表示的 A 加權音壓位準。能量平均值以 10*log10(mean(10^(L/10))) 計算，其中 L 為每一個以 dBA 表示的 A 加權音壓位準量測值。

此資料處理方式符合聲學的物理原理，也符合 ISO 7779 與 ECMA-74 中針對音壓位準量測之合併與評估所定義的量測與資料評估概念。因此，該方法能對受測設備的聲學發射位準提供技術上有效且可再現的表述，並適用於 ISO/IEC 17025 認證的量測架構之中。

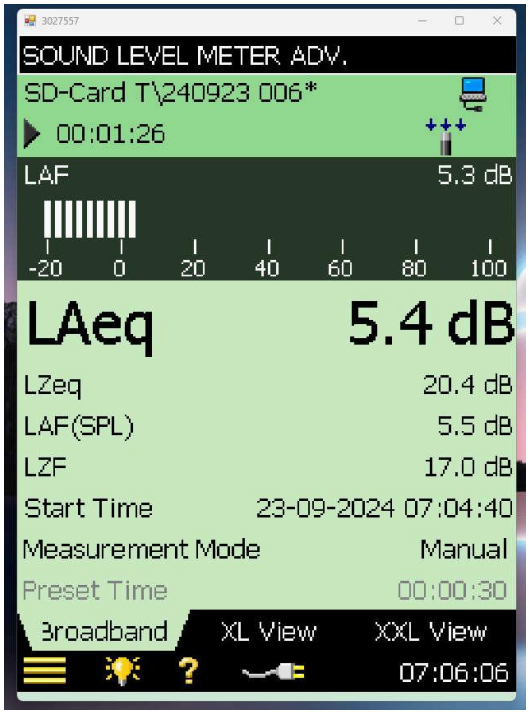
上述程序讓我們能以單一數值，描述 DUT 在至少 1450 種負載組合下的平均噪音輸出。我們依據此數值，將 DUT 歸入其中一個 LAMBDA 等級。

除風扇噪音外，我們也會在 DUT 安裝於半消音室內時，使用被動散熱的負載測試機施加各種負載組合，以檢查是否有電子噪音（電感嘯叫）。若我們發現任何超過 6-6.5 dBA 的電子噪音，就必須考量最低風扇噪音位準是否落在 10 dBA 的範圍內，因為這會影響噪音量測。較簡便的做法，是在對 DUT 施加負載以營造產生電子噪音之條件的情況下，執行相對應的風扇噪音量測。

根據我們目前的測試結果，在一公尺距離、使用電阻式負載的條件下，電子噪音高於 6.5 dBA 的電源供應器並不常見，實際上相當罕見。因此在多數情況下，電感嘯叫是系統各部零件共同作用所造成的。最後，迫使電源供應器發出電子噪音的所施加情境也扮演重要角色。因為電源供應器可能在開機且各電軌皆無負載時發出電子噪音，但這並非真實使用情境，所以我們不予採計（不過我們仍會記錄結果並就此問題通知製造商）。僅有 3.3V 電軌帶載、或僅 5V 電軌、或兩組次要電軌同時帶載的運作情況也是如此（不過在以 DC-DC 轉換器產生次要電軌的電源供應器中，這意味著 +12V 電軌同樣在使用中，因為如前所述，它為這些轉換器供電）。相反地，我們會採計僅在 +12V 或 5VSB（電源供應器處於待機模式）上施加負載的情境。

背景噪音計算

我們消音室內的背景噪音會依外部條件而在 5.5 dBA 至 8 dBA 之間變動。因此，為取得最佳可能條件，我們偏好在夜間進行噪音量測，此時環境噪音低於白天。



背景噪音在任何情況下都不得超過待測音源，實務上 DUT 的輸出位準必須至少高於背景噪音 3 dBA，量測才會準確。即便如此，仍須施加修正才能得到正確結果。背景噪音修正定義為 K1 [9] [11]，即為取得經背景噪音修正之音源位準，而自所量測音源位準扣除的量值。

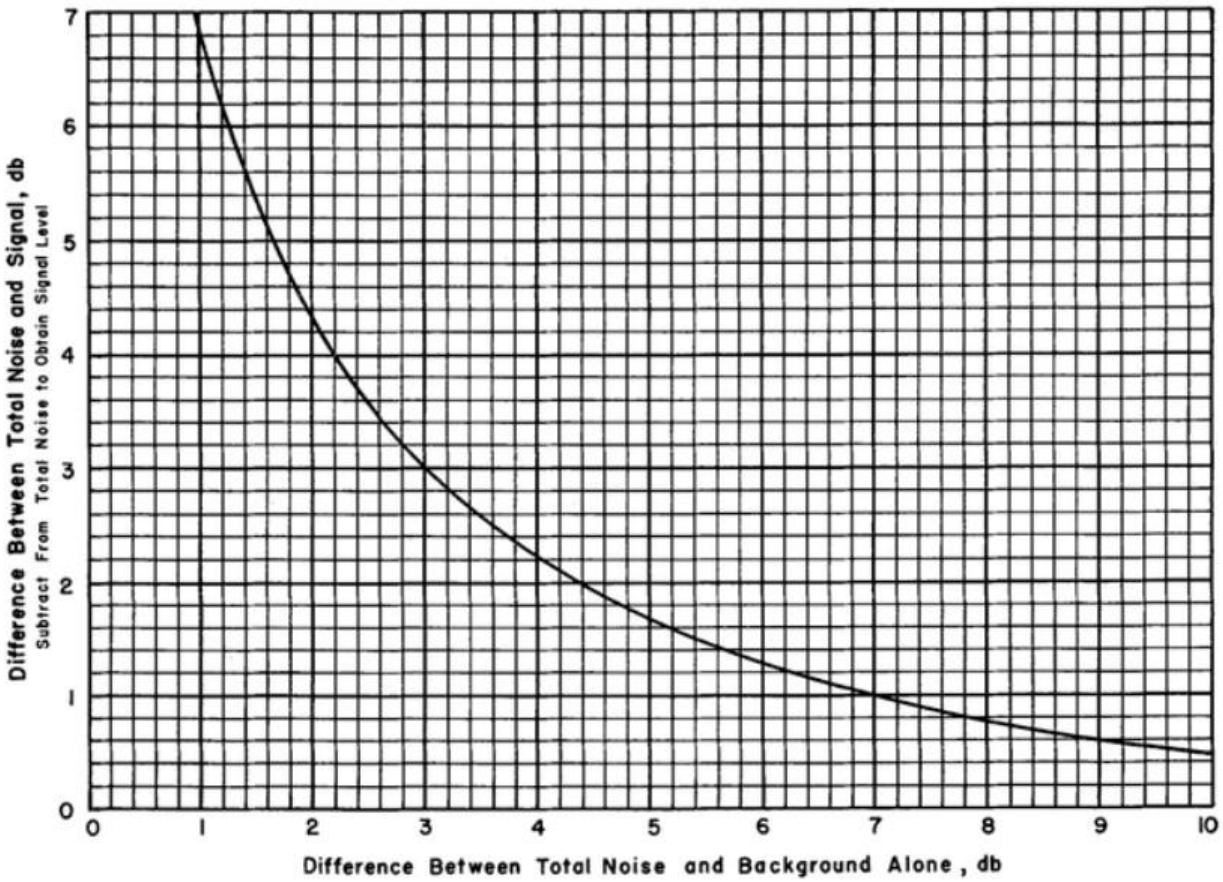
量測 DUT 噪音輸出的程序如下：

- 在 DUT 運作的情況下量測總噪音位準（LDUT + LBG），並特別留意其最低噪音輸出模式。
- 在 DUT 關閉的情況下量測背景噪音位準（LBG）。
- 計算上述兩項讀值之間的差值（LDUT - LBG）。若差值小於 3 dBA，表示背景噪音過高，無法準確量測。若差值落在 3-10 dBA 範圍內，則須施加修正。若差值大於 10 dBA 則無須修正，但我們仍會對最高至 20 dBA 的差值施加修正。

計算排除背景噪音影響後之噪音源的公式如下：

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

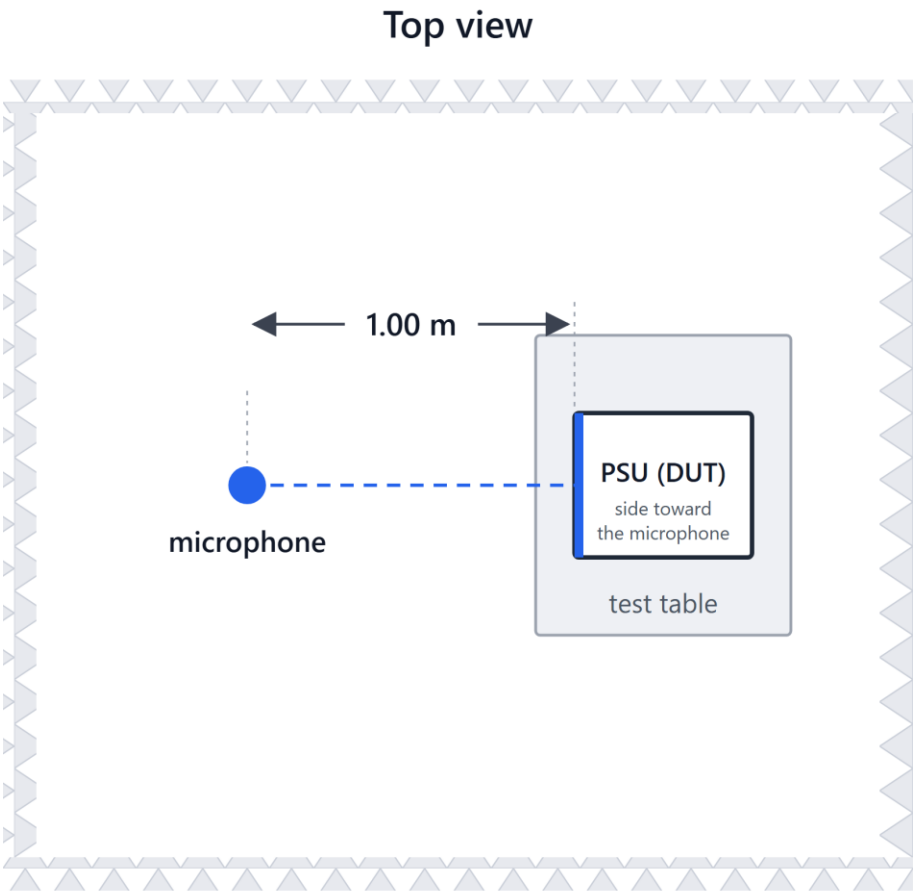
在試算表中，上述公式可表示為 10*log(10^(LDUT/10)-10^(LBG/10))



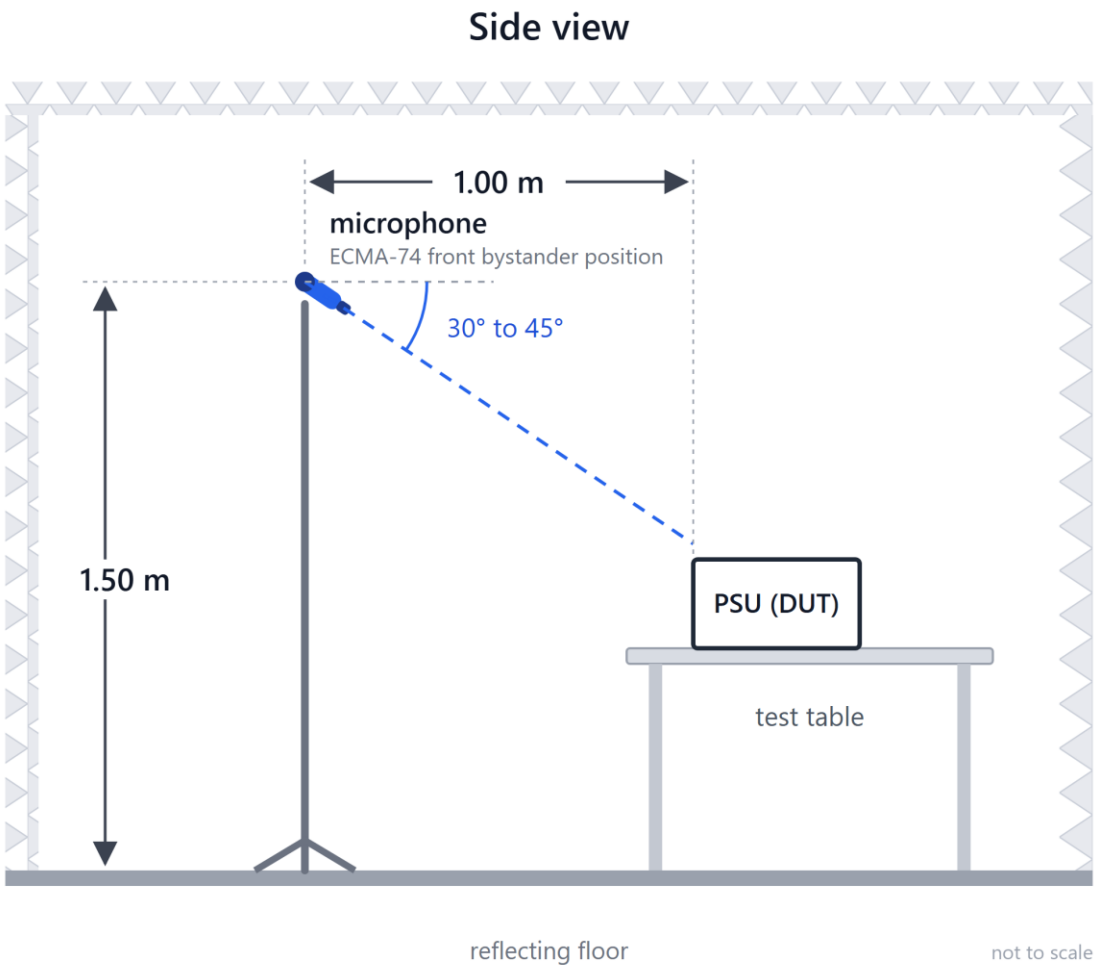
上方圖表可用於對源訊號進行背景噪音修正。

輸出噪音量測測試設置

在下方的示意圖中，您可看到我們半消音室的配置概要，以及 MIC 與 DUT 的確切擺放位置。我們嚴格遵循對應的 ISO 標準 [9][10]。 電源供應器以其側面朝向麥克風放置。


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

俯視圖



側視圖

ISO 7779 / ECMA-74：旁觀者位置麥克風，距離 1 m、高度 1.5 m

ISO 7779:2018（聲學－資訊技術與電信設備所發出空氣傳播噪音的量測）[9] 明確允許在噪音發射量測中，將麥克風置於 1.0 m 距離、1.5 m 高度的位置。事實上，ISO 7779（與 ECMA-74，即 ECMA 針對 IT / 電信設備噪音的標準相協調）將「旁觀者位置」定義為水平距離設備（參考箱體）1.00 m ±0.03 m、離地 1.50 m ±0.03 m。這些位置模擬一個人站在 1 公尺外、約當耳朵高度的情形。

對於無操作者（無人看管）的設備，ISO 7779 要求使用四個這樣的麥克風位置（前、後、左、右，距離 1 m），並將其平均以取得平均 A 加權音壓位準（LpAm）。若設備為有操作者看管，則可改用單一操作者位置的麥克風量測（由標準針對該設備類別所定義）。

在所有情況下，1 m/1.5 m 的幾何配置都是 ISO 7779 中取得發射音壓位準之標準方法的一部分。這表示只要測試依照標準執行（在反射平面上、基本符合自由場的環境中），置於上述座標（每一個所需位置）的單一固定麥克風，即為 IT / 電信設備認證噪音量測所接受的設置。

該標準的最新版本（ISO 7779:2018）[9] 在這些要求上與 ECMA-74:2025 一致。例如，ECMA-74（第 22 版，2025 年 12 月）[12] 第 8.6.3 條即載明旁觀者麥克風的 1.0 m 水平距離與 1.5 m 高度。此一幾何配置並非僅供內部測試之用——它是產品資料表與符合性報告中所使用之宣告噪音發射值（依 ISO 7779 / ISO 9296）的基礎。

標準中的麥克風入射角（30° 至 45°）

ISO 7779 與 ECMA-74 也規範了麥克風在該位置的指向方式。麥克風的指向應使聲音到達的角度，等同於該麥克風頻率響應校準為最平坦時所對應的角度。

實務上，由於落地式機器的噪音源往往低於麥克風高度，因此主要聲音入射方向假定為低於水平約 30° 至 45°。標準明確提及此點：「麥克風的指向方式應使聲音入射角等同於該麥克風具有最平坦頻率響應的角度。在大多數實際情況中，主要聲源假定位於水平面下 30° 或 45°。」在我們的測試設置中，主要聲源假定位於水平面下 30° 至 45°。

換言之，自由場麥克風（針對 0° 入射校準）會直接指向音源，而隨機入射麥克風則通常會傾斜約 30° 至 45°，以擷取來自下方的聲音。這確保依標準指引所要求的 30° 至 45° 入射角條件得以滿足。此類細節屬於該標準程序的一部分，使得在 1 m 距離下的單一麥克風量測既準確又標準化。

ISO 11201:2010 – 自由場音壓法支持此一設置

上述麥克風配置的依據是 ISO 11201 [10]（聲學－機械與設備所發出的噪音－在反射平面上基本自由場中，工作位置與其他指定位置之發射音壓位準的測定）。ISO 7779 實際上引用 ISO 11201 作為操作者 / 旁觀者位置的基本量測方法。

ISO 11201（一項國際公認的 ISO 標準）明確描述在自由場條件下，於指定位置（例如距產品 1 m 處）以工程等級方法（準確度等級 2）量測噪音。關鍵在於，不施加任何房間反射的修正（在半消音室中，環境修正 $K_2 = 0$）——僅在必要時施加背景噪音修正。這正是在反射地面上、設備前方 1 m 距離、1.5 m 高度處設置單一固定麥克風的情境。

在 ISO 7779 的程序中（其符合 ISO 11201），量測該麥克風位置上的 A 加權音壓位準，並將其用於噪音發射報告。因此，ISO 11201:2010 支持在指定幾何配置下使用單一麥克風，作為噪音發射音壓量測的有效標準方法（工程等級）。當遵循 ISO 7779 時（適用於 IT / 電信設備），實質上即是以旁觀者或操作者位置預先定義的 1 m/1.5 m/30° 至 45° 幾何配置來套用 ISO 11201。其結果（例如 1 m 處的 LpA）為官方噪音宣告所接受（通常與音功率位準並列）

結論 – 公認標準與替代方案

總結而言，是的——國際公認標準確實支持以單一固定麥克風，在 1 m（水平）距離、1.5 m 高度、30° 至 45° 入射角的條件下，量測 IT / 電信設備的空氣傳播噪音。主要依據為 ISO 7779:2018（及其對等標準 ECMA-74），其第 8 章定義了旁觀者量測幾何配置（1 m 距離、1.5 m 高度）與麥克風指向。此一設置用於以符合標準的方式取得設備的 A 加權發射音壓位準 LpA。確切要求皆有文件依據（例如對應 ISO 7779 的 ECMA-74 第 8.6.3 與 8.6.4 條），並允許此類量測獲得認證（納入宣告的噪音發射值）。

若設備為有操作者看管，標準允許在操作者位置設置一支固定麥克風；若否，則要求設置四支固定麥克風（每一側各一支，1 m/1.5 m），並將結果平均。但在我們的範圍內，即 IT 設備、更具體地說是 PC 系統，該設備被視為有人看管。

就指定距離處的發射音壓而言，ISO 7779/11201 方法是公認的作法。特別就電信設備而言，ETSI EN 300 753 等標準對聲學噪音符合性直接援引 ISO 7779/ISO 3744 方法——意即 1 m/1.5 m 的麥克風幾何配置（依 ISO 7779）在電信產業中確實被認可用於噪音發射量測。所有這些參考文獻都證實，單一固定麥克風置於 1 m（高度 1.5 m、入射角 30° 至 45°）處，是量測與認證 IT 與電信設備空氣傳播噪音的官方支持配置。

EMI 發射 – 說明與設備

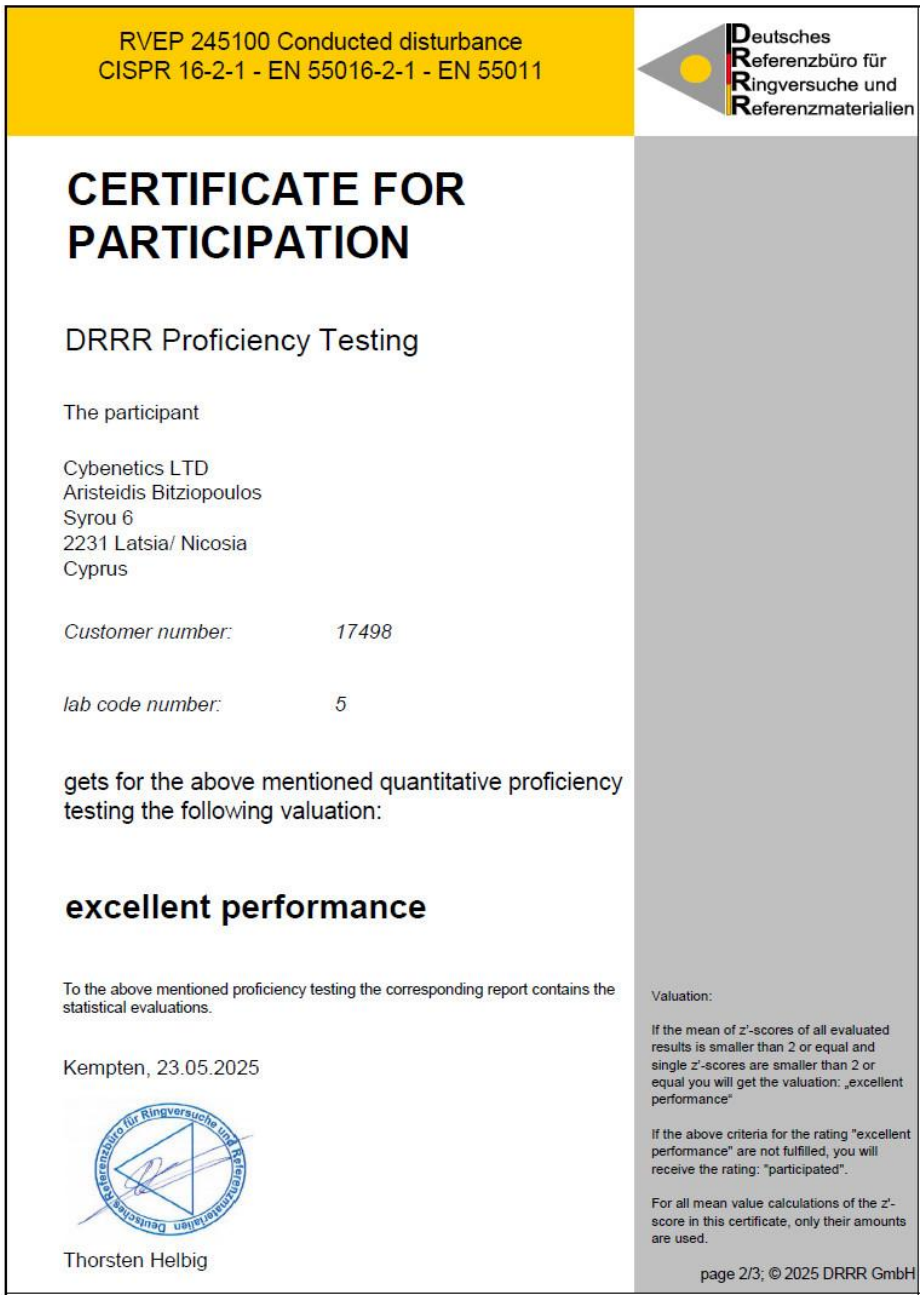
包括電源供應器在內的每一種電子裝置都可能成為 EMI 來源，並依所發出 EMI 的量而影響鄰近裝置的正常運作。在某些極端情況下，EMI 甚至可能使其無法使用。為了將電磁干擾（EMI）噪音降至最低，已制訂若干標準。針對 IT（資訊技術）產品的對應標準為 CISPR 32 及其衍生的 EN 55032，後者適用於在歐盟銷售的產品。在歐盟，每一項帶有「CE」標誌的產品都必須符合 EN 55032 標準。CISPR 32 與 EN 55032 標準將裝置分為兩類：A 類與 B 類。B 類設備供家庭環境使用，因此其容許的 EMI 發射顯著低於 A 類裝置。

我們用於取得 EMI 讀值的設備：

- TBMR-110M EMI-Analyzer DC-110 MHz
- Tekbox TBLC08 LISN
- Tekbox TBFL1 暫態限制器
- Tekbox TBHPF3 濾波器
- Tekbox EMCview 軟體

EMI 發射 – 能力試驗與 Cybenetics 證書

ISO 17025 中的能力試驗（PT）是一種外部評鑑，將某一實驗室的測試或校準結果與其他實驗室在同一樣品上的結果進行比對。它至關重要，因為它可驗證實驗室結果的準確度與可靠度、展現技術能力，並提供符合 ISO 17025 要求的證據，而這對維持認證與客戶信任極為關鍵。以下您將看到我們所執行之 EMI 能力試驗的結果。



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.

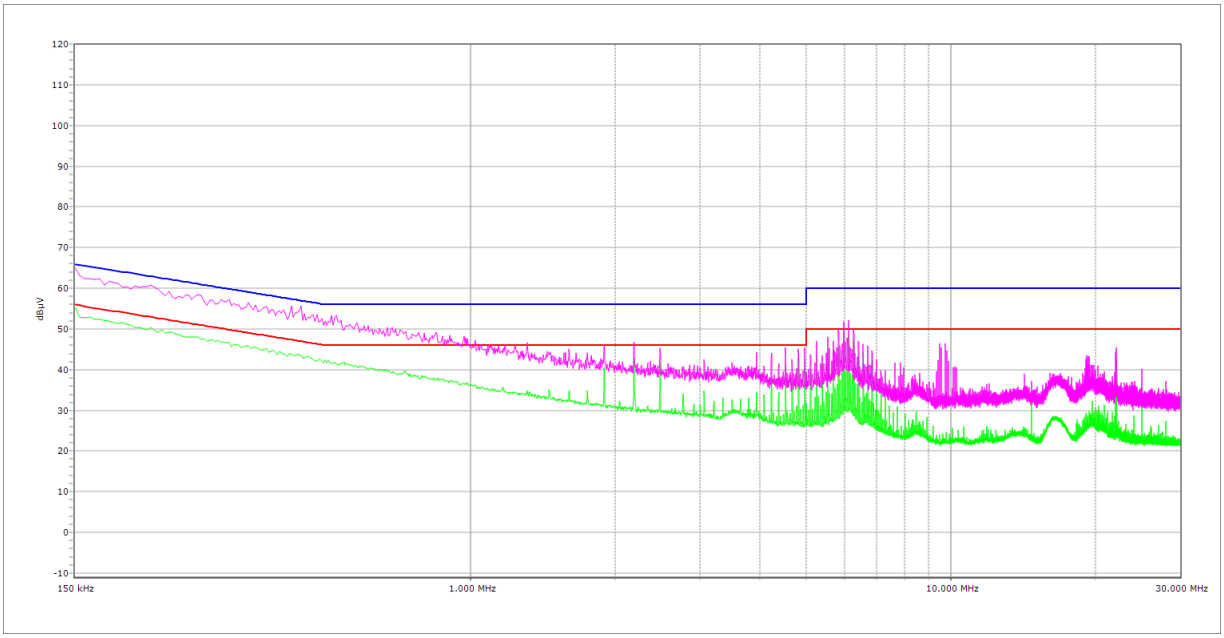
page 2/3; © 2025 DRRR GmbH

EMI 發射 – CISPR 32 / EN55032 限值

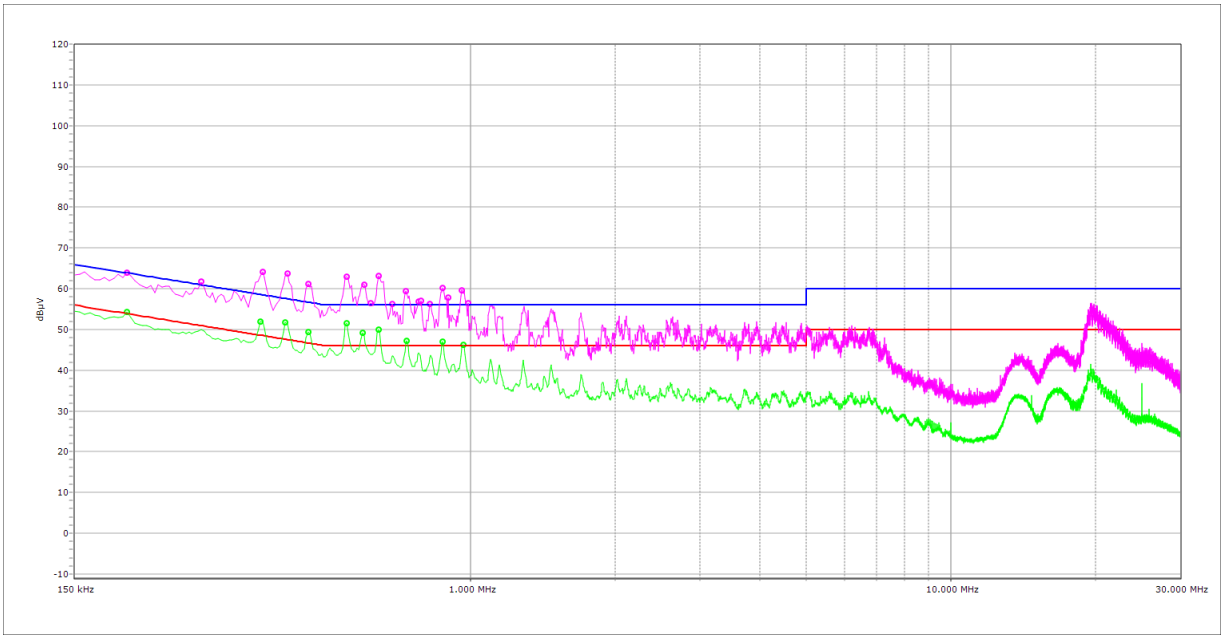
CISRP 32 / EN 55032 Class A 傳導 EMI 限值		
發射頻率（MHz）	傳導限值（dBuV）	
	準峰值	平均值
0.15 - 0.50	79	66
0.50 - 30.0	73	60
CISPR 32 / EN 55032 Class B 傳導 EMI 限值		
發射頻率（MHz）	傳導限值（dBuV）	
	準峰值	平均值
0.15 - 0.50	66 - 56	56 - 46
0.50 - 5.00	56	46
5.00 - 30.00	60	50
CISRP 32 / EN 55032 Class A 10 公尺輻射 EMI 限值		
發射頻率（MHz）	場強限值（dBuV/m）	
30 - 88	39	
88 - 216	43.5	
216 - 960	46.5	
> 960	49.5	
CISRP 32 / EN 55032 Class B 3 公尺輻射 EMI 限值		
發射頻率（MHz）	場強限值（dBuV/m）	
30 - 88	40	
88 - 216	43.5	
216 - 960	46.0	
> 960	54.0	

請注意，ATX 規範對傳導與輻射發射允許 4 dB 的餘裕。這表示若電源供應器超出限值但仍在 4 dB 餘裕之內，即符合對應的 ATX 規範要求（8.1 Emissions）。不過，CISPR 32 / EN55032 限值並不提供此一餘裕。

EMI 發射 –EMI 結果（通過 / 失敗範例）



在此圖表中，綠色為平均值 EMI 檢波器的結果，紫色為峰值 EMI 檢波器的結果。平均值檢波器必須維持在紅線以下，峰值檢波器則須維持在藍線以下。為節省時間，我們先執行提供最壞情況的峰值 EMI 檢波器；若電源供應器未通過，我們再執行耗時長得多的準峰值 EMI 檢波器，它會平滑化峰值，因此電源供應器可能得以通過測試而不失敗。在此圖表中，該電源供應器明顯順利通過兩種檢波器的測試。



這些是某一電源供應器在平均值與準峰值檢波器上皆未通過的結果。兩者都必須為「通過」，該電源供應器才符合 CISPR 32 / EN55032 的要求。

另需說明，我們執行兩組 EMI 測試，一組檢查火線（Phase），一組檢查中性線（Neutral）。火線處於變動電壓（正與負），而中性線在設計上相對於接地為零電位。可將火線視為電流的「供給」，中性線視為電流的「回流路徑」。

峰值功率偏移（ATX v3.x 與 PCIe 5.x 規範）

目的與範圍

依據 ATX v3.x 的峰值偏移要求（適用於 ATX v3.x 電源供應器），驗證電源供應器能承受高於其額定連續功率的既定短時間輸出功率偏移，而不會關機、閂鎖關斷或出現超出規格的輸出行為。

適用範圍：

- **電源供應器總輸出功率偏移（所有電軌的總和）**
- 具備 12VHPWR/12V-2x6 且 >450 W 的電源供應器，以及 ≤450 W 或不具 12VHPWR/12V-2x6 的電源供應器（偏移百分比不同）

參考文獻

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

定義

- **時間常數（Tc）：**
  施加穩定負載期間的基線（定值）運作區間（時域）。

- **功率偏移時間（Te）：**
  處於偏移功率位準的持續時間（脈衝寬度，時域）。
- **P@Tc：**
  在 Tc
  期間所施加的定值基線輸出功率（就特定偏移測試而言，通常等於電源供應器的額定連續功率 Prated）。
- **P@Te：**
  在功率偏移事件（暫態負載）期間所施加、持續時間為 Te 的輸出功率位準。
- **偏移位準：**
  Pexc=k × P@Tc

  其中 k 為偏移倍數（偏移百分比 / 100）。

- **工作週期上限：**
  各偏移位準下，Te 對脈衝週期所允許的最大比值，依適用之 ATX v3.x
  功率偏移表所定義。

設備（最低要求）

- 具備快速暫態模式的可程式化直流電子負載，須能：
  - 階躍時序低至 100 µs，並可重複產生脈衝列。
  - 具備足以達到 Prated 之 200%（或表中所要求之最大值）的功率。
- 具備足夠頻寬的示波器＋合適的探棒。
- 具備足夠取樣率的功率量測（各電軌直流功率或總功率），以確認脈衝的大小與時序。
- 電源供應器激勵 / 控制：PS_ON#、PWR_OK 監控（選用但建議）。
- 溫度監控（環境＋電源供應器進氣）。

測試條件

- **輸入：標稱交流輸入（須於報告中載明，例如 230 V / 50 Hz）。**
- **環境溫度：23–28 °C（必要）。**
- **暖機：使電源供應器在 100% 負載下運作 ≥10 分鐘（或直到符合熱穩定判定準則）。**
- **線材：量產規格的線束。**

負載分配

ATX 偏移要求針對的是電源供應器總功率；不過，為避免不切實際的電軌壓力：

- 依測試情境（120%、160%、180%、200%）設定基線定值負載，並以符合實際的配置分配至各電軌：

    - 大部分配置於 +12 V（CPU/GPU），另加具代表性的 +5 V / +3.3 V（或依 DUT 類別適用者）。

- 以階躍 +12 V 負載的方式施加偏移（這符合真實世界中尖峰的來源——CPU/GPU）。其他電軌上的負載維持不變！
  須記錄確切的電軌分配（基線與脈衝增量）。

所需的偏移特性曲線

依是否具備 12+4 pin PCIe 接頭選擇正確的負載情境：

A）電源供應器 > 450 W 且具備 12VHPWR/12V-2x6

施加下列功率位準對時間的組合（相對於 Prated）：

- **200% 持續 100 µs，工作週期 ≤ 5%**
- **180% 持續 1 ms，工作週期 ≤ 8%**
- **160% 持續 10 ms，工作週期 ≤ 12.5%**
- **120% 持續 100 ms，工作週期 ≤ 25%**
- **100% 連續（基線）**

B）電源供應器 ≤ 450 W 或不具 12VHPWR/12V-2x6

採用降低後的偏移百分比：

- **150% 持續 100 µs，工作週期 ≤ 5%**
- **145% 持續 1 ms，工作週期 ≤ 8%**
- **135% 持續 10 ms，工作週期 ≤ 12.5%**
- **110% 持續 100 ms，工作週期 ≤ 25%**
- **100% 連續（基線）**

脈衝重複：選擇符合工作週期上限的脈衝週期。

逐步程序

1. **儀器設置**
    - 於電源供應器輸出接頭處量測 +12 V（或於負載端量測——須一致地載明所用方法）。
    - 監控 PS_ON# 與 PWR_OK（建議）。
    - 設定擷取範圍以涵蓋觸發前的基線與完整回復過程。
2. **基線**

- 施加 100% Prated（總計）並使其穩定。
- 記錄穩態電壓與總功率。

3. **偏移測試序列（各位準分別執行）**
   對每一個偏移位準（通常由高至低，但只要有記錄，任何順序皆可）：
   - 依測試情境將基線設定於 P@Tc。
   - 程式化電子負載以增加 ΔP，使功率偏移（P@Te）達到該偏移百分比。
   - 施加脈衝列：
     - 最少：10 個脈衝（或依實驗室內部的重複性要求）。
     - 所選週期須使該 TE 維持在工作週期上限之內。
   - 記錄：
     - 脈衝期間各電軌的最小 / 最大電壓。
     - 任何保護事件（OPP/OCP/UVP/OTP）、關機、閂鎖關斷。
     - 脈衝後的回復行為（回到穩壓範圍、PWR_OK 行為）。
4. **測試後**
   - 回到 100% 負載 1–2 分鐘，確認運作正常。
   - 必要時進行電源重啟，並記錄任何異常的重新啟動行為。

暫態響應量測方法論

本小節說明暫態電壓下陷如何擷取，以及用於上述通過 / 失敗評估之絕對最壞情況最低電軌電壓如何重建。我們並非將示波器通道直接接在電軌上（直流耦合，並使用足以容納完整 12 V / 5 V / 3.3 V 位準的寬檔位）再從該波形讀取最小值，而是直接量測下陷本身。寬檔的直流耦合幾乎會浪費掉示波器的所有解析度；下述方法則保留了它。

核心概念：量測下陷，而非整個訊號

對每一組電軌，PicoScope 通道的設定如下：

1. 交流耦合。通道採交流耦合，因此電軌的穩定直流成分（約 12 V、5 V、3.3 V 或 5 VSB 位準）被阻隔。只有偏差量——暫態下陷及其回復——會進入 ADC。

2. 小的垂直檔位。由於大的直流位準已被去除，因此可採用以零為中心的極小垂直檔位（自動選取，通常為 ±100 mV 至 ±5 V）。8-bit ADC 於是將其整個編碼範圍分布在該小幅的偏移視窗上。在 ±200 mV 檔位下擷取約 200 mV 的下陷，可解析至約毫伏等級的準確度；而同樣的下陷在完整的 ±12 V 檔位下只會佔用少數幾個 ADC 編碼——既粗糙又雜訊大。這正是準確度的論據：藉由將下陷單獨隔離出來，我們把儀器 100% 的解析度都用在唯一要量測的對象上。

3. 每一個取樣都被檢視——不做平均或抽取。擷取過程不進行降取樣（DownSamplingMode.None），並掃描每一個取樣以找出最嚴重的偏移。這不是硬體平均或經過

平滑處理的「最小值」——而是真正最壞情況的瞬時偏差。最快的 100 µs 階躍採用觸發式區塊擷取；較長的階躍則採用高速率串流。

4. 相對於基線的壓降。在每一次負載階躍之前，會由同一次擷取的事件前區段計算出一個局部基線（觸發前的平均值，並排除最後約 10%，以免上升邊緣將其拉低）。所報告的壓降是相對於該局部基線量測的，因此不受緩慢漂移或任何殘餘偏移的影響。

因此示波器對每一組電軌產生一個數值：Drop_V，即暫態階躍期間最負向偏移的量值。

基準：初始（Tc）電壓

交流耦合的示波器無法回報絕對電壓——它只看得到偏差——因此示波器絕不用於絕對位準。取而代之，量測是以 Tc（起始）負載條件下的初始穩態電壓為基準，該值由精密直流量測路徑（功率分析儀 / 電子負載）量測，其經過校準且在絕對值上準確。此數值稱為 Vbefore（亦即 Vinitial）：即電軌在初始 Tc 條件下的穩定電壓，於暫態階躍前立即由直流 / 負載儀器擷取——絕不取自示波器。

整合起來

暫態期間的絕對最低電壓依下式重建：

Vmin = Vbefore − Drop_V

Vbefore 是準確的絕對參考值，來自初始 Tc 負載下經校準的直流 / 負載量測路徑。Drop_V 是準確的差量，來自交流耦合、小檔位、全解析度的示波器擷取。通過 / 失敗依 Vmin 對照各電軌的最低允許限值進行評估。

為何此法比僅用示波器的絕對擷取更準確

每一項儀器都只用於其最擅長之處。直流 / 負載路徑提供最準確的絕對參考值（初始電壓）；交流耦合的小檔位示波器則提供最準確的差量（下陷）。兩者單獨使用都無法給出準確的絕對最壞情況最小值——寬檔直流耦合的示波器會把解析度浪費在靜態位準上，而直流電表又太慢，無法捕捉微秒級的下陷。將準確的基準與準確的差量結合，可得出比任一儀器單獨所能提供更緊密的絕對最壞情況最小值，而這正是嚴格的暫態穩壓限值所要求的。

通過 / 失敗判定準則

若在所有必要的偏移位準下皆符合下列條件，則該次測試判定為 PASS：

- 電源供應器在偏移脈衝期間不關機或閂鎖關斷（無 OPP/UVP/OCP 觸發）。
- 輸出電軌維持在適用之 ATX v3.x 表格所定義的 ATX 穩壓限值之內。（表 3-5 對 12V-2x6 接頭上的 12V 定義為 +5%/-8%，表 4.2 對其餘接頭上的 12V 電軌定義為 +5%/-7%，其餘電軌（5V、3.3V 與 5VSB）則為 ±5%。
- 每一次脈衝之後，輸出恢復至穩定的穩壓狀態。

若任一必要位準出現下列情形，則該次測試判定為 FAIL：

- 觸發保護 / 關機 / 閂鎖關斷。
- 產生超出所引用限值的規格外電壓行為。

- 出現異常回復（持續下垂、振盪、反覆重置）。

須記錄的資料（報告最低欄位）

- DUT 識別資訊（型號、額定功率、電軌、接頭、是否具備 12VHPWR/12V-2x6）。
- 輸入條件（Vac、Hz）、環境溫度、所採用的穩定判定準則。
- 各電軌的基線負載分配。
- 對每一個偏移位準：
    - 目標百分比與 TE、所採用的工作週期、脈衝數量、脈衝週期。
    - 實際量測到的 Ptotal 峰值與 TE（實際達成值）。
    - 脈衝期間各電軌的最低電壓、回復時間。
    - 任何保護事件 / 重置。
- 示波器擷取畫面。

電源供應器線材要求

電源供應器線材中的導線越粗，高負載下的壓降越低，因此效率越高、負載調整率越好；但在材質相同的情況下，較粗的線規也比較細的線規昂貴。因此 ATX 規範對線規粗細訂有若干下限，而 Cybenetics 不僅遵循這些下限，在某些情況下甚至更為嚴格。

整體而言，我們對所有傳輸電力之導線的線規粗細最低要求如下：

- 主電源接頭：18AWG（用於電力導線；感測線為 22AWG）
- EPS：18AWG
- PCIe 6+2 pin：18AWG（用於電力導線；感測線為 20AWG）
- PCIe 12+4 pin：16AWG（用於電力導線；感測線為 28AWG）
- SATA：18AWG
- Molex 4-pin：18AWG

關於 12+4 pin 的 12V-2x6（或 12VHPWR）線材，存在一些爭論：既然某些電源供應器將對應接頭設定在低於 600W 的位準（450W 或 300W），而 18AWG 線規已能承受較低的功率設定，為何仍要求使用 16AWG。原因在於，只要電源供應器的模組化板上採用原生的 12+4 pin 插座，這條特定線材就是唯一能相容於所有電源供應器的線材，不分品牌與製造商。因此使用者可將任一條這類線材用於任何具備原生插座的 ATX v3.1 電源供應器，這意味著若電力傳輸導線細於 16AWG，在該接頭的滿功率設定（600W）下就可能出現問題。

電力傳輸導線要求採用 16AWG 線規，可確保在所有使用情境與情況下的相容性與安全性。由於這是安全問題，Intel 與 Cybenetics 都建議在 12V-2x6 或 12VHPWR 線材上使用 16AWG 線規（兩者相同，只是名稱不同），無論電源供應器為何、其對應插座設定為何。

除線規粗細外，還有其他因素會影響線材的電阻與功率承載能力，其中當然包括導體所用的材質。銅優於鋁，因為鋁的導電度明顯較低。唯一的問題是鋁的成本較低，這也是它常被用於平價電源供應器線材的原因。

Cybenetics 自即日起（2025 年 8 月）將評估受測電源供應器所使用的導體類型，並將其分類如下：

- 純銅
- CCA（Copper-Clad Aluminum，銅包鋁）
- CCS（Copper-Clad Steel，銅包鋼）

另有一類稱為 CCC（Copper-Clad Copper，銅包銅），但此類線材不易辨識。

無論如何，純銅線材較受青睞，因為銅的電阻低於鋁與鋼。此外，CCA 線材因機械強度不足而容易疲勞。鋁比銅更容易斷裂與腐蝕。CCS 線材比 CCA 更堅固，但柔軟度較差，因此理線會較為困難。此外，鋼芯易受腐蝕，長期下來會導致顯著的效能劣化。

線材絕緣同樣至關重要，在保護功能一節中可扮演關鍵角色：耐熱、柔軟且耐磨損、能有效保護導體的外披覆。

另一個應避免的情形，是在同一條線材上配置兩個高功率接頭。例如，在同一條線材上使用兩個 EPS 接頭，若這兩個接頭都被大量使用且處於高運作溫度下，可能導致問題。一般而言，EPS 接頭應安裝於專用線材上（每條線材一個），理想上 6+2 pin 接頭也應如此。當您需要為配備兩個或更多 6+2 PCIe 插座的顯示卡供電時，較佳做法是使用專用的 PCIe 線材。

整體效能計算

要以單一數值描述像電源供應器這樣複雜產品的整體效能相當困難，因為我們進行了大量測試，且必須考量的因素實在太多。儘管如此，我們迄今已完成數千台電源供應器的測試，資料庫中累積了龐大的數據量，使我們得以找出目前為止最適合此工作的演算法。我們持續致力於改進方法論，因此未來極有可能對此演算法進行變更，使其更為準確。由於我們已握有所有數據，因此每次變更效能演算法時，都能輕易重新計算資料庫中所有電源供應器的整體效能分數。

我們的整體效能演算法將所有主要效能因素納入考量：

- 負載調整率
- 紋波抑制
- 暫態測試響應偏差
- 開機暫態測試期間的電壓過衝
- 平均效率
- 2% 負載時的效率
- 待機電軌的平均效率
- 待機功耗
- 平均功率因數

- 維持時間
- Power-ok 訊號
- 最大功率
- 電源供應器時序
- 電源供應器保護功能

負載調整率

在理想世界中，電源供應器無論負載為何都能維持恆定的電壓位準，但在真實情境中，隨著負載增加，各電軌上總會出現壓降。在我們的測試中，電壓調整率顯示的是 20W 負載下的初始電壓讀值（而非完全無負載，因為許多電源供應器在各電軌無負載時無法正常運作，另有一些具備無負載保護）與所有電軌滿載時電壓讀值之間的差異。

我們使用下列方程式計算所有評級的電壓調整率評分：

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

上述公式顯示 5V 與 3.3V 具有較低的加權因子，而 5VSB 最低。這是因為 +12V 電軌在系統中遠比其他電軌重要，其穩定性至關重要。我們在下方其他公式中也採用相同的作法。

紋波抑制

紋波代表電源供應器直流電軌上所存在的交流波動（週期性）與雜訊（隨機性）。我們取 100% 負載測試中所有電軌的紋波讀值，並依下方方程式加以合併。

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

暫態響應

電源供應器對負載突然變化的反應優劣，是該單元電源品質的絕佳指標。因此，我們取各電軌在我們所執行的所有暫態響應測試中所記錄到的最大偏差來計算效能。

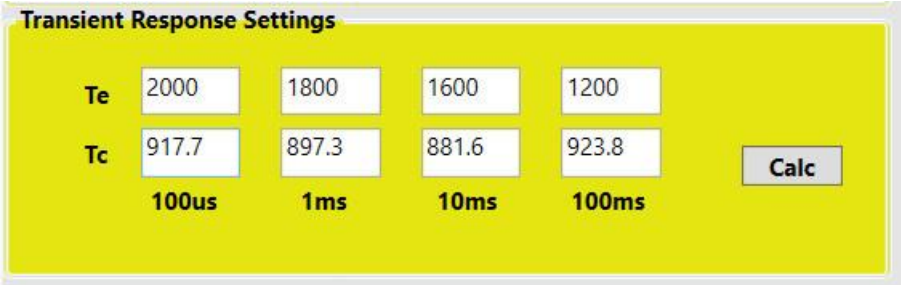
我們執行多種暫態測試。以下是標準測試項目，我們將其用於不符合 ATX v3.x 規範及其後續修訂版的電源供應器：

- 在電源供應器處於 20% 負載狀態下運作時，對其施加為時 20ms 的暫態負載（+12V 為 15A，5V 與 3.3V 為 6A，5VSB 為 0.5 A）。
- 在 50% 負載下運作時，對電源供應器施加相同的暫態負載。
- 接下來的測試中，我們同樣使用 20% 與 50% 負載狀態作為起始點。不過，我們額外將負載變化的重複率由 50 Hz（20ms）提高至 1 kHz（1ms）。如此可對電源供應器施加更嚴苛的考驗。
- 在所有測試中，我們量測負載突然變化所造成的壓降。電壓應維持在 ATX 規範的穩壓限值之內。

對於符合 ATX v3.x 規範要求 [13][14] 的電源供應器，我們另行執行一組更嚴苛的暫態響應測試，如前述規範所載。

功率偏移佔電源供應器額定容量的百分比 電源供應器 ≤ 450 Watts 及不具 12VHPWR 接頭的電源供應器	功率偏移佔電源供應器額定容量的百分比 電源供應器 > 450 Watts 且具 12VHPWR 接頭	功率偏移時間（TE）	測試工作週期
100%	100%	無限	--
110%	120%	100ms	25
135%	160%	10ms	12.5
145%	180%	1ms	8
150%	200%	100us	5

為計算定值位準的功率（Power @ TC）以及功率偏移期間的功率位準（power @ TE），我們使用自行開發、依據 Intel 最新測試計畫所設計的專用應用程式。



另需說明，由於新的功率偏移要求，ATX v3.x 規範在 12V 上允許 PCIe 接頭最高 -8% 的壓降，其他接頭則最高 -7%。製造商亦可將此電軌的標稱電壓提高至 12.1V 或 12.2V，以避免電壓位準過低。

為維持與先前受測電源供應器的可比性，我們將以下列方程式，同時採用標準測試與 ATX v3.x 暫態響應測試的數據。儘管如此，對於符合更嚴格 ATX v3.x 暫態響應要求的電源供應器，將給予 0.5 分的加分。

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

開機暫態電壓過衝

這些測試的效能計算相對簡單，因為我們僅使用所記錄尖峰值相對於 +12V 與 5VSB 電軌標稱值的粗略數值。在 +12V 上，我們只採用較高的電壓過衝，而忽略另一個（當然，若有的話）。舉例來說：若 +12V 上所記錄的較高電壓過衝為 +12.5V，則尖峰為 0.5V（12.5V – 12.0V），我們便在方程式中使用此數值。

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

平均效率

我們取所有負載組合（>1450）的平均值，以取得電源供應器用於 ETA 認證的平均效率。

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

最大額定容量 2% 負載時的效率，或 10W 時的效率（適用於 <500W 電源供應器）

依據 ATX 規範 [reference]，主流電腦在閒置模式下的最低直流負載訂為 10 瓦。搭載大於 500 瓦電源供應器的電腦預期也會有較多元件，因此其閒置模式將處於較高的直流負載。500 瓦以上的電源供應器將採用設定在 2% 位準的低負載效率。

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

5VSB 平均效率

我們所施加之所有負載組合的平均值，用以取得 5VSB 電軌用於 ETA 認證的平均效率。

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

待機功耗

電源供應器在待機時所需的功率稱為吸血鬼功耗或幽靈功耗，因為它是在電源供應器未做任何事的情況下被消耗掉的。此功率大多耗損於電源供應器的待機電路上。

$$Eq_8 = 6\ x\ Vampire_Power$$

平均 PF

我們所施加之所有負載組合（>1450）的平均值，用以取得電源供應器用於 ETA 認證的平均 PF 分數。

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

維持時間

維持時間代表在沒有輸入電源的情況下，電源供應器仍能維持 ATX 規範所定義之輸出穩壓的時間長度，通常以毫秒為單位。簡言之，維持時間就是在電力中斷期間，系統能夠繼續運行而不關機或重新開機的時間長度。ATX 規範在 v3.0 之前將最短維持時間訂為在最大連續輸出負載下 17ms。ATX v3.1 將最短維持時間改為 12ms，但在我們的效能演算法中，仍維持較長的 17ms。

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

Power-ok 訊號

依據 ATX 規範，PWR_OK 是一個「power good」訊號。因此，電源供應器應將此訊號拉高至 5V，以表示 +12V、5V 與 3.3V 輸出皆在穩壓門檻之內，且 APFC 轉換器已儲存足夠的市電能量，可保證至少 17ms 內持續在規格內供電。反之，當 +12V、5V 或 3.3V 任一輸出電壓低於其欠壓門檻時，或當市電被移除的時間長到無法保證電源供應器正常運作時，PWR_OK 應被解除並拉低至 0V。此外，交流斷電至 PWR_OK 的最短維持時間訂為 16ms，較維持時間為短；ATX 規範也訂定了 PWR_OK 失效至直流斷電的延遲，應大於 1ms。這表示在任何情況下，交流斷電至 PWR_OK 的維持時間都應低於電源供應器的整體維持時間，如此可確保電源供應器在任何情況下都不會在 +12V、5V 或 3.3V 任一電軌超出規格時，仍持續發送 power good 訊號。

綜合上述，當 PWR_OK 訊號的時間長於維持時間時，代表電源供應器的 power ok 訊號提供了不實回報，我們的整體效能計算演算法便會扣減效能分數。PWR_OK 訊號的維持時間也必須至少比實際維持時間短 1ms，以便在各電壓電軌超出規格之前，提供系統足夠的時間關機。

若 PWR_OK 訊號準確，我們使用下列方程式：

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

此處有三種情境：

- PWR_OK_Hold_up_time **恰好比** Hold_up_time **短** 1ms，**因此結果為零，代表對整體分數沒有影響。**
- PWR_OK_Hold_up_time 與 Hold_up_time 的差值大於 1ms，因此結果對整體分數有利。
- PWR_OK_Hold_up_time 高於（Hold_up_time – 1ms）的時間，因此會自整體分數扣分。

須注意的是，在此方程式中，我們不會因 PWR_OK 維持時間低於 16ms 而扣分，因為在 Eq10 中我們已針對低於 17ms 的維持時間扣分，而在 Eq11 中維持時間也同樣被納入。且維持時間與 PWR_OK 維持時間密切相關。

容量

當您直接將 400W 單元的負載調整率、效率或紋波讀值與 1500W 型號相比較時，這樣的比較絕稱不上公平。

例如，在檢視 40W 負載下的電壓調整率時，400W 電源供應器的調整範圍為 360W（= 400W - 40W）。然而，在測試 1500W 型號時，該範圍要大得多：1460W（= 1500W - 40W）。在如此巨大的差異下，容量較小的單元自然很可能呈現好得多的電壓調整率或紋波表現。因此，我們加入了一項正規化處理以匡正此事。此因子直接由各單元的額定功率推導而得。

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

電源供應器時序

為符合替代睡眠模式（Alternative Sleep Mode），開機時間（T1）須低於 150ms，而 PWR_OK 延遲（T3）必須落在 100-150ms 範圍內。此外，T3 的最短時間不得快於 100ms。所有符合上述要求，且交流斷電至 PWR_OK 維持時間高於 16ms、PWR_OK 失效至直流斷電延遲高於 1ms 的單元，皆可獲得加分。我們在 20% 與 100% 兩種不同負載等級下進行 T1 與 T3 的量測。每一台電源供應器在兩種情況下都必須符合上述要求。

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

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

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

$$then\ PSU_Timings_Result = 1$$

電源供應器保護

每一台電源供應器都應配備適當的保護機制，使其即使在嚴苛條件下也能安全運作，不致損壞或對其所供電的系統造成任何問題。

所有主要電軌（+12V、5V 與 3.3V）的過電流保護（OCP）以及過功率保護（OPP），都必須設定在可接受的範圍內，且不得過高。當這些保護設定過高時，電源供應器或許能在常溫下存活，但在較高運作溫度下損壞的機率相當大。此外，高溫下其電路會承受大量壓力，因此 OCP 與 OPP 的觸發點應妥善設定。誠然，電源供應器必須承受通常源自 GPU 與高時脈 CPU 的高功率尖峰，但同時其保護功能也應確保元件足以勝任而不致過載。依我們目前的經驗，單一 +12V 電軌電源供應器的 OCP 與 OPP 觸發點應設定在各自標稱值的 130% 之內。對於具備多組 +12V 電軌的電源供應器，我們將允許範圍提高至 135%。

過溫保護（OTP）是每一台電源供應器最關鍵的保護功能之一。多數電源供應器故障都肇因於過高的運作溫度，因此必須具備正常運作的 OTP，並依平台特性加以設定。通常在採用半被動運作的電源供應器中，OTP 的設定會略高於不具被動運作功能的電源供應器。

PWR_OK 訊號對電源供應器的保護功能極為重要。不過，我們已在 Eq10 中將其納入考量，因此無須再次給予加分。

短路保護（SCP）：若發生輸出短路——依 ATX 規範定義為任何小於 0.1 歐姆的輸出阻抗——電源供應器應關機。唯一的例外是 5VSB 電軌，此時電源供應器已處於待機模式。一旦 5VSB 的短路狀況排除，電源供應器應能毫無問題地恢復運作。

突波（surge）與突入電流（inrush）保護（SIP）極為重要，電源供應器應配備適當的零件以納入這兩項保護。通常突波保護透過 MOV（Metal Oxide Varistor，金屬氧化物變阻器）提供；相對地，突入電流保護則採用 NTC 熱敏電阻，通常再輔以旁路繼電器以提升保護程度。

風扇故障保護至關重要，因為若電源供應器的風扇停止運轉，其內部溫度可能升至危險位準。在過溫保護啟動之前（當然，前提是具備此保護），電源供應器的零件將承受極大壓力，其壽命因而會受到顯著影響。任何電源供應器都應具備風扇故障保護，這也是我們決定為此提供加分的原因，以促使所有製造商加以實作。

交流輸入：依據 ATX 規範 v3.1（第 4.1 節），電源供應器必須能在 90 VAC 下滿載啟動。我們更進一步，在 90 VAC 下施加滿載五分鐘。對於 200-240 VAC 範圍的電源供應器，我們設定為 180 VAC。此外，當輸入電壓降至 90 VAC 以下（寬電壓輸入範圍的電源供應器）或 180 VAC 以下（200-240 VAC 輸入範圍的電源供應器）時，電源供應器不應損壞。為驗證此點，我們設定 80 VAC 或 170 VAC，並期望電源供應器能存活（意即在恢復標稱交流輸入後能正常運作）。

下列每一種情況我們都會給予加分。

- 0.25 加分：+12V、5V 與 3.3V 的 OCP 落在該電軌各自最大額定容量的 130%之內，無論是出廠設定或透過軟體設定（若該電源供應器允許軟體控制）。對於具備多組 +12V 電軌的電源供應器，我們允許 OCP 觸發點最高至 135%。此加分適用於上述任一電軌且彼此獨立，意即某一電源供應器的 12VOCP 可能超出限值，但次要電軌的 OCP 仍在限值內。在此情況下，它將取得兩組次要電軌的 OCP 加分。因此 OCP 加分係逐一電軌授予，合計最高 0.75 分，三組電軌各 0.25 分。
- 0.25 加分：OPP 在 130% 之內，無論是出廠設定或透過軟體設定。
- 0.25 加分：OTP 能在次級側散熱片或次級側整體溫度低於攝氏 190 度時使電源供應器關機
- 0.25 加分：所有電軌皆具備 SCP。電源供應器在經過長時間且反覆的 SCP 評估測試後，仍應正常運作。
- 0.25 加分：電源供應器應配備 MOV 或 TVS 二極體（或兩者併用）
- 0.25 加分：電源供應器應配備 NTC 熱敏電阻與旁路繼電器
- 0.25 加分：電源供應器應具備風扇故障保護

如果 PSU 在上述條件範圍內的保護功能評估測試中失效（例如，負載不超過其最大額定容量的 130%，或施加於次級側的熱量低於 190 攝氏度），則不會對導致 PSU 失效的相應類別給予任何加分。另一方面，符合上述所有要求的 PSU 獲得 2.25 加分，其中三條電軌的 OCP 共計 0.75，加上其餘六個項目各 0.25。
這些保護功能結果會計分，而不作為判定通過與否的門檻：它們只為整體效能評分提供加分，別無其他作用，而且並非安全評估。Cybenetics SAFE 計畫 [16] 是一項單獨且獨立的認證，具有自己的範圍、準則與獎項，並採用本規範未採用的準則 – 其中包括介電強度 (hipot)、絕緣電阻、保護接地連續性、接觸電流限值和認證機構標誌驗證。本規範下授予的任何項目，包括 ETA、LAMBDA 和整體效能評分，均不涵蓋、暗示或取代 SAFE 認證；SAFE 認證既不以其中任何一項為前提，也不由其中任何一項導出。

整體效能評分計算

既然我們已計算出上述所有因素，接著就是將它們結合以計算最終效能評分（13）。同樣地，我們以 100 為滿分，扣除結果（1-11），最後再考量容量（12）以及電源供應器時序與保護功能的加分。

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

（13）的結果即為該單元的整體效能評分。

整體效能評分計算範例

範例 A

在此範例中，我們將採用 115V 輸入的 Wentai Aidan T1616：

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ATX v3.x 相容性加分：0

電源供應器時序加分：0（因為 20% 負載測試中 T1 > 150ms，且兩項測試中 T3>150ms）

電源供應器保護加分：OCP：0.25（因為 12V4 OCP＞135% 且 5V OCP＞130%。僅 3.3V OCP＜130%）、OPP：0.25（在 130% 之內）、OTP：0.25（<190°C）、SCP：0.25、MOV：0.25、NTC 熱敏電阻與繼電器：0.25

效能評分 = 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

範例 B

在此範例中，我們將採用 115V 輸入的 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 相容性加分：0

電源供應器時序加分：0（因為 20% 負載測試中 T1＞150ms，且兩項測試中 T3>150ms）

電源供應器保護加分：OCP：0.50（因為 12V 未超過 135% 且 3.3V 低於 130%，5V 為零分）、OPP：0.25（在 130% 之內）、OTP：0.25（<190°C）、SCP：0.25、MOV：0.25、NTC 熱敏電阻與繼電器：0.25

效能評分 = 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

兩個計算範例均未納入風扇故障保護加分，該加分自修訂版 2.9 起導入。兩個範例維持原始計算結果。測試報告範例

負載區間結果（僅供參考）

ETA 與 LAMBDA 評級將認證掃描中超過 1450 個負載組合濃縮為一個平均效率與一個平均噪音位準。評級需要如此，但單一平均值無法告訴讀者電源供應器在特定系統所抽取的負載下表現如何。因此，我們也計算將相同量測值依負載分組的結果。這些結果僅供參考：它們不屬於 ETA 或 LAMBDA 評級的一部分，不會改變任何等級，也不作為認證之用。它們描述單一平均值所隱藏的行為。

這些結果是什麼

我們將電源供應器的直流額定輸出劃分為五個各佔 20% 的負載區間：0-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 與 80-100%。80% 或以上的每一個量測點都歸屬於最後一個區間，該區間包含少數量測輸出略高於額定輸出的量測點（下方範例電源供應器的最高量測點為 100.25%）。量測點的負載是其總直流輸出功率佔直流額定輸出功率的比例，且結果依各受測輸入電壓（115 V 與 230 V）分別計算。針對每一個區間，我們報告：

- 該區間內的量測點數量；
- 平均效率；
- 平均功率因數；
- 平均噪音；
- 噪音最大的量測點，即該區間內最高的單一噪音位準；以及
- 風扇停轉的量測點佔比，此即半被動運作在結果中的呈現方式。

高負載指數（High-Load Index）針對額定直流輸出功率 70% 或以上的所有量測點提供相同數據，此即電源供應器運作最吃重的區間部分。它並非第六個區間：它與最高的兩個區間重疊。最後，我們比較電源供應器在正常與高環境溫度下，於 10、20、50 與 100% 負載時

的穩定風扇轉速、噪音與進氣溫度（表 3）。圖 1 與表 1 顯示一台實際 1200 W 電源供應器（我們稱之為範例電源供應器）在 115 V 與 230 V 下的結果。

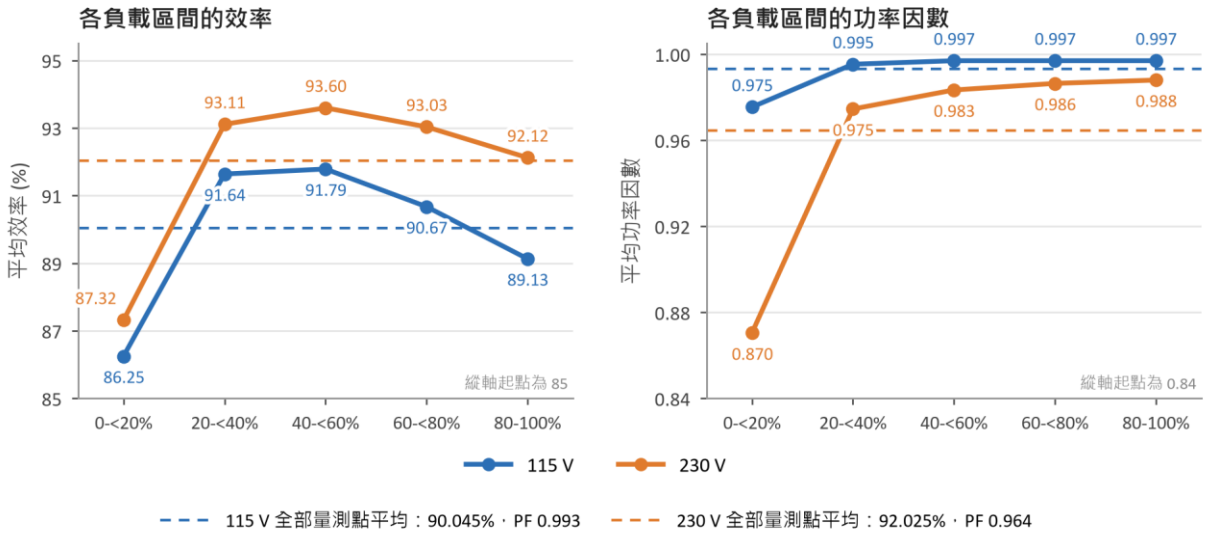


圖 1 – 範例電源供應器（1200 W）在 115 V 與 230 V 下依負載區間的效率與功率因數。

表 1. 範例電源供應器（1200 W）的負載區間結果

負載區間	量測點	噪音，平均（dB(A)）	噪音，噪音最大的量測點（dB(A)）	風扇停轉	效率	功率因數
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%（高負載指數）	471	28.7	33.1	0%	89.54%	0.997
所有量測點（已公布平均值）	1494	24.19	33.1	40%	90.045%	0.993

負載區間	量測點	噪音，平均（dB(A)）	噪音，噪音最大的量測點（dB(A)）	風扇停轉	效率	功率因數
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%（高負載指數）	471	28.3	32.8	0%	92.37%	0.988
所有量測點（已公布平均值）	1494	23.67	32.8	43%	92.025%	0.964

所有量測點：已公布的平均值，精度與已公布數值相同。5.0 dB(A)：風扇停轉。

我們如何計算

各區間使用構成 ETA 與 LAMBDA 平均值的資料：認證掃描中超過 1450 個實測負載組合，即效率量測程序中所述的 CL 量測，並排除測試 0（零負載列）。我們僅用於繪製圖表的內插資料絕不使用。桌上型電源供應器的每一個量測點恰好歸屬於五個區間之一，因此各區間是劃分同一趟掃描，而非新增一項測試。

區間效率與功率因數為其量測點的單純算術平均，與 ETA 平均值完全相同。區間噪音為能量平均，與 LAMBDA 平均值完全相同：每一個 A 加權位準換算為聲壓平方，對這些數值取平均，再將結果換算回 dB(A)，即 10*log10(mean(10^(L/10)))，其中 L 為每一個量測點的位準。我們從不以算術方式平均 dB(A) 數值。風扇停轉的量測點（風扇轉速為零）計為風扇停轉的量測點，且在噪音平均中採用 5.0 dB(A) 的位準，該值低於我們測試室的噪音底限。固定負載測試的表格以 <6.0 dB(A)（噪音計的下限）顯示相同狀態。

由於桌上型電源供應器的五個區間合起來恰好包含掃描中的每一個量測點一次，當依其量測點數量比例合併時，會還原已公布的平均值，噪音則以能量尺度合併。桌上型電源供應器的計算僅在合併噪音與已公布平均噪音的差異在 0.1 dB(A) 以內、合併效率與已公布平均效率的差異在 0.01 個百分點以內，且合併功率因數與已公布平均功率因數的差異在 0.001 以內時，方予接受。

正常與高環境溫度的比較並非來自 CL 掃描。它使用我們在固定負載下執行之負載調節測試的穩定讀值，一次在正常環境溫度下，風扇運轉時進氣溫度約 30-32 °C，一次在高環境溫度下，風扇運轉時進氣溫度約 40-47 °C（見測試設置與量測條件）。針對每一個負載，它列出我們所量測的風扇轉速、噪音與進氣溫度。噪音值 <6.0 dB(A) 為噪音計的下限，表示風扇停轉；風扇停轉時，進氣感測器可能讀取到高於測試室內空氣的數值。

掃描中的每一個負載組合維持約五秒，因此在高負載下風扇可能尚未達到其穩定轉速。這就是溫度效應取自固定負載測試的穩定讀值而非掃描的原因。

冗餘電源供應器

對於冗餘電源供應器，其平均效率涵蓋運作範圍的 2-100%，最低區間始於直流額定輸出功率的 2%：2-<20%、20-<40%、40-<60%、60-<80% 與 80-100%。低於 2% 的量測點不屬於任何區間，因此對這些電源供應器而言，五個區間合計可能與已公布的平均值略有差異；冗餘伺服器 PSU 測試協議以一個範例顯示兩者。我們現在計算這些電源供應器的效率與功率因數區間。噪音區間與高負載噪音指數將在冗餘電源供應器於掃描中每一個量測點皆記錄風扇轉速後跟進；在此之前，其噪音顯示為尚未量測。

為何重要

平均值無法說明結果來自區間中的何處。表 2 比較兩台我們稱為 PSU A 與 PSU B 的實際 650 W 電源供應器，兩者均在 230 V 下量測。其平均噪音實際上相同，分別為 22.2 與 22.4 dB(A)，僅看平均值的讀者會認為兩者相等。PSU A 在每一個負載點都運轉其風扇。PSU B 為半被動：其風扇在全部量測點的 36% 停轉（圖 2），在最低區間的量測點中 100% 停轉、第二區間 90%、第三區間 19%。這些安靜的量測點拉低了 PSU B 的平均值。在超過額定輸出 70% 的範圍，即高負載指數中，PSU B 比 PSU A 吵 4.5 dB(A)，分別為 27.1 與 22.6 dB(A)（圖 3），且在其最高區間中，其平均噪音為 28.6 對 22.9 dB(A)。

效率也顯示相同情形。兩台電源供應器的平均效率分別為 90.60% 與 90.43%，相差 0.17 個百分點，而其高負載效率分別為 91.34% 與 90.24%，相差 1.10 個百分點。

表 2. 兩台平均噪音相同的 650 W 電源供應器（230 V）

結果（兩台電源供應器：650 W，230 V）	PSU A（風扇持續運轉）	PSU B（半被動）
平均噪音，所有量測點（dB(A)）	22.2	22.4
平均噪音，高負載指數，70-100%（dB(A)）	22.6	27.1
噪音最大的量測點，高負載指數（dB(A)）	29.0	32.4
風扇停轉的量測點，所有量測點	0%	36%
平均效率，所有量測點	90.60%	90.43%
平均效率，高負載指數	91.34%	90.24%
平均功率因數，所有量測點	0.955	0.842
平均功率因數，高負載指數	0.983	0.951

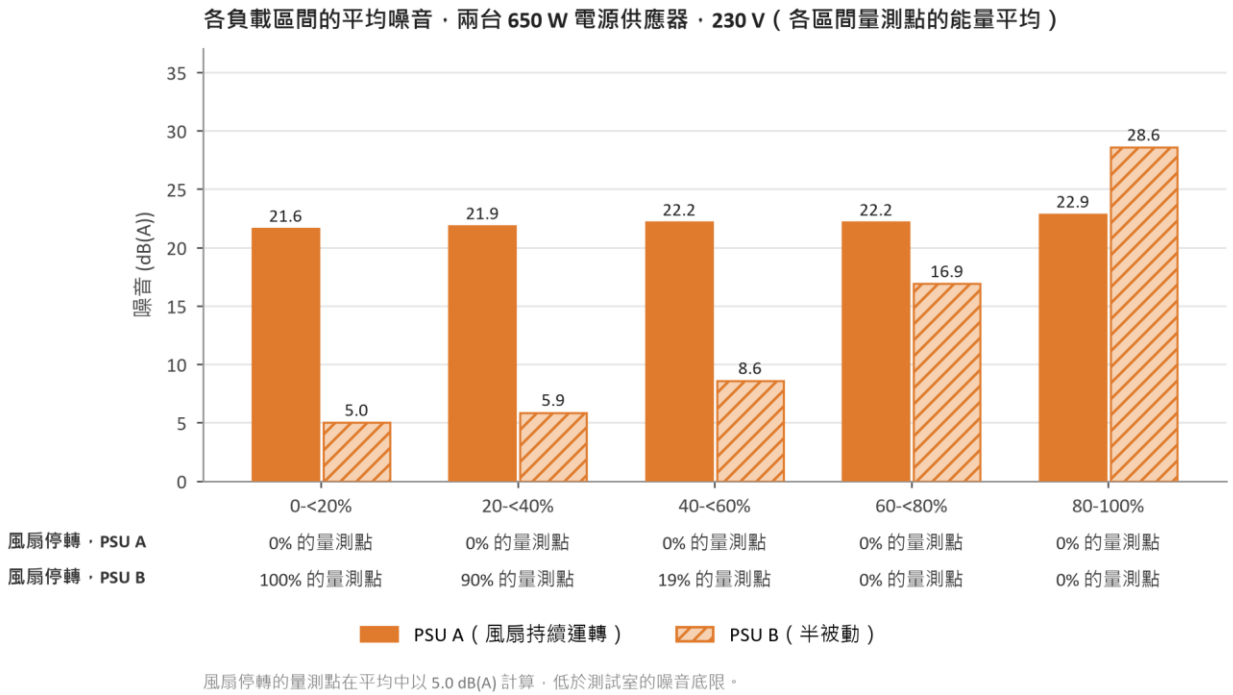


圖 2 – PSU A 與 PSU B 依負載區間的平均噪音（230 V），並標示風扇停轉的量測點佔比。

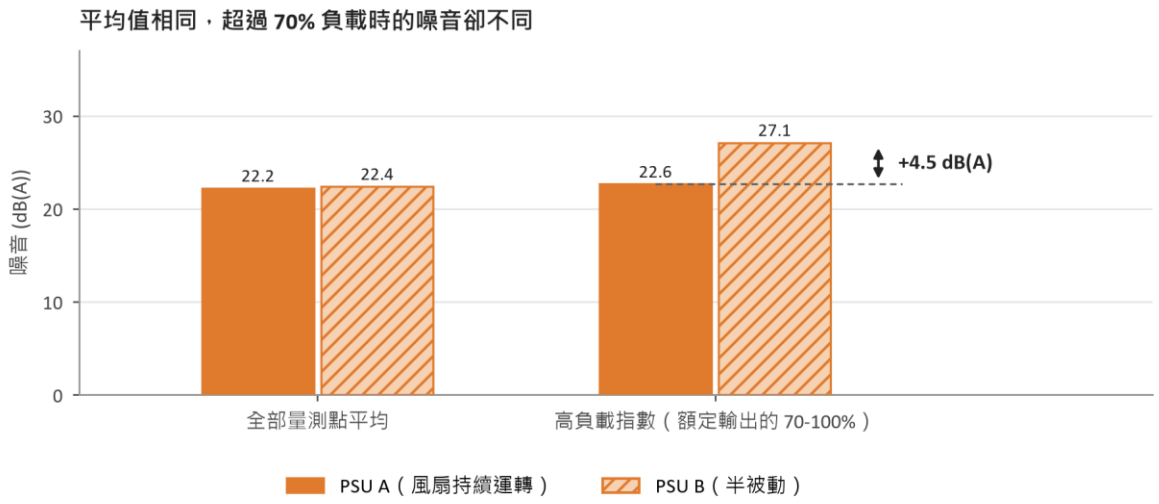


圖 3 – 相同的平均噪音，不同的高負載指數噪音。

效率並非平坦。圖 1 與表 1 顯示，在 230 V 下範例電源供應器的平均效率在最低區間為 87.32%，在 40-<60% 區間達到峰值 93.60%，並在最高區間降至 92.12%，而其功率因數從 0.870 上升至 0.988。已公布的平均效率 92.025% 為所有量測點的單純平均：它賦予每一個量測點相同的權重，因此每一個區間依其包含的量測點數量（在此電源供應器中介於 248 與 316 之間）按比例貢獻。它代表所有實測負載組合，並依其量測點數量加權，因此並不描述任何單一負載。一個大部分時間抽取額定輸出 60-100% 的系統，應參照最後兩個區間，

在 230 V 下為 93.03% 與 92.12%；一個大部分時間抽取額定輸出低於 20% 的系統，則應參照第一個區間，87.32%。相同形態出現在 115 V，數值較低。

CL 掃描在受控的 30 °C（±2 °C）環境溫度下進行，此為產生認證結果的條件。進氣溫度高於此的電源供應器運作方式不同，表 3 顯示差異程度。在 100% 負載與 230 V 下，範例電源供應器的風扇在正常環境溫度下以 978 rpm 運轉，噪音為 24.6 dB(A)，而在高環境溫度下為 1496 rpm 與 35.0 dB(A)，高出 10.4 dB(A)。在 50% 負載下，風扇在正常環境溫度下停轉（<6.0 dB(A)），在高環境溫度下以 726 rpm 運轉，20.0 dB(A)。在 115 V 下，100% 負載的噪音上升 9.7 dB(A)。

表 3. 範例電源供應器在正常與高環境溫度下的風扇轉速、噪音與進氣溫度

負載	正常環境溫度			高環境溫度			噪音變化（dB(A)）
	風扇（rpm）	噪音（dB(A)）	進氣（°C）	風扇（rpm）	噪音（dB(A)）	進氣（°C）	
115 V							
10%	0	<6.0	32.3	0	<6.0	48.3	兩者皆停轉
20%	0	<6.0	34.7	0	<6.0	50.2	兩者皆停轉
50%	0	<6.0	38.7	729	20.1	42.5	風扇啟動
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	兩者皆停轉
20%	0	<6.0	32.5	0	<6.0	57.3	兩者皆停轉
50%	0	<6.0	35.9	726	20.0	42.1	風扇啟動
100%	978	24.6	30.2	1496	35.0	45.7	+10.4

<6.0 dB(A)：風扇停轉（噪音計的下限）。風扇停轉時，進氣感測器可能讀取到高於測試室內空氣的數值。

如何解讀結果

請讀取對應電源供應器實際使用負載的那一列，而非平均值。在表 1 中，230 V 下的範例電源供應器在 60-<80% 區間為：效率 93.03%、功率因數 0.986、平均噪音 22.1 dB(A)，噪音最大的量測點為 26.7 dB(A)，且風扇從未停轉。在 80-100% 區間為 92.12%、0.988、29.5 dB(A) 與 32.8 dB(A)。

風扇在每一個量測點皆停轉的區間，其噪音顯示為 5.0 dB(A)：這是我們指派給停轉風扇的位準，並非量測值，表示風扇在該處不貢獻噪音。風扇僅在部分量測點停轉的區間，混合了無聲與可聽的量測點。這就是我們提供停轉量測點佔比（230 V 下範例電源供應器在 40-<60% 區間為 29%）與噪音最大的量測點（該處為 19.0 dB(A)）的原因，後者顯示可聽量測點有多吵。

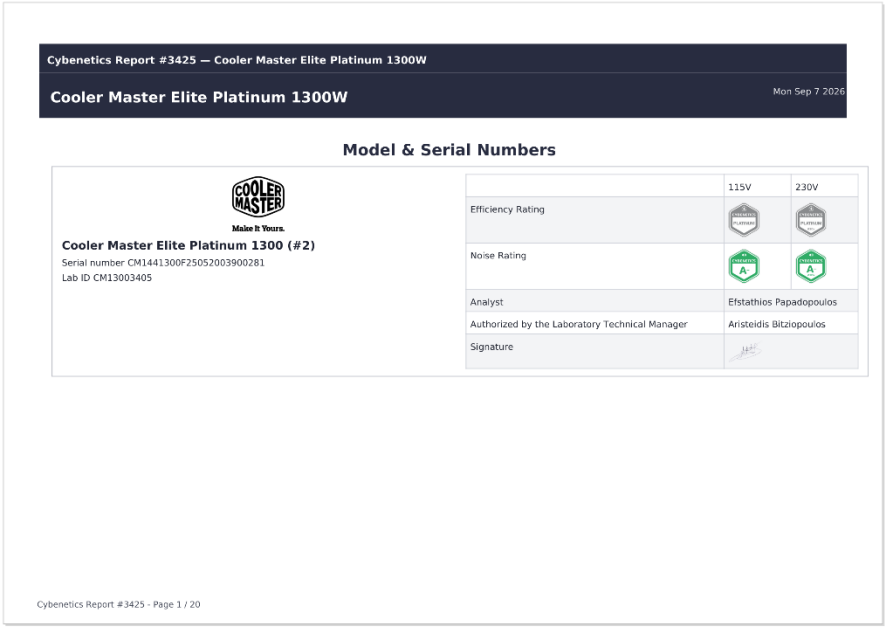
當重點在於運作範圍的上段時，應讀取的是高負載指數這一列。對於 230 V 下的範例電源供應器，它涵蓋 471 個量測點，平均噪音為 28.3 dB(A)、噪音最大的量測點為 32.8 dB(A)、

效率為 92.37%、功率因數為 0.988。比較兩台電源供應器時，請比較相同輸入電壓下的同一列；所有量測點的平均值仍是評級所依據的數值。

限制

這些結果描述我們所測試的樣品，在所述輸入電壓與環境溫度下的表現。它們僅供參考：它們不屬於 ETA 或 LAMBDA 評級、整體效能評分或任何其他等級的一部分，亦無任何認證決定以其為依據。區間噪音反映各量測點五秒期間所達到的風扇轉速，而穩定風扇轉速與噪音位準則來自固定負載測試（表 3）。噪音區間需要掃描中每一個量測點的風扇轉速；若未記錄，如目前冗餘電源供應器的情況，噪音顯示為尚未量測。

測試報告範例



Cybenetics Report #3425 — Cooler Master Elite Platinum 1300W

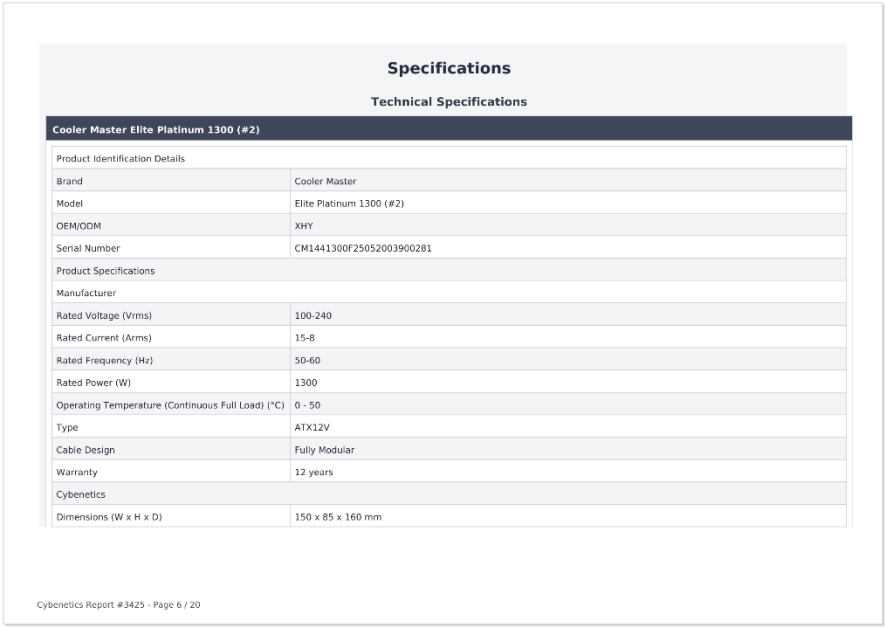
Cooler Master Elite Platinum 1300W Mon Sep 7 2026

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

不確定度估計 – 效率 / 噪音 / EMI

量測不確定度是對量測結果所存疑義的量化。它顯示在考量可能的誤差與變異後，真值預期所落在的範圍。它之所以重要，是因為它反映了量測的可靠度，並使不同結果之間得以公平比較。

效率量測的不確定度為±0.43%

所報告的擴展不確定度（U）係由合成標準不確定度（u）與包含因子 k = 2 的乘積導出，對應約 95% 的信賴水準。量測不確定度依 GUM [15] 判定。所報告不確定度的估計值適用於量測期間所取得的數值，並未考量可能的長期變化。

效率量測不確定度預算

不確定度來源	**標準不確定度，u(xi)**	**相對標準不確定度，u(xi)/xi**
實驗室內再現性	0.16564	0.00203
電子負載校準	0.0500	0.00050
功率分析儀校準	0.0250	0.00025
操作人員與測試治具	0.0350	0.00035
相對合成標準不確定度（RSS）：	0.00213	
% 擴展不確定度 U（k=2, norm）：	0.43	

噪音量測的不確定度為 ±1.23 dB

所報告的擴展不確定度（U）係由合成標準不確定度（u）與包含因子 k = 2 的乘積導出，對應約 95% 的信賴水準。量測不確定度依 GUM [15] 判定。所報告不確定度的估計值適用於量測期間所取得的數值，並未考量可能的長期變化。

噪音輸出量測不確定度預算

不確定度來源	**標準不確定度，u(xi)（dB）**
實驗室內再現性	0.031
麥克風校準器 4231 校準	0.200
麥克風頻率響應	0.577
溫度	0.012
位置誤差	0.058
相對合成標準不確定度（RSS）：	0.61
擴展不確定度 U（k=2, norm）：	1.23

傳導 EMI 發射量測的不確定度為 ±2.35 dB

所報告的擴展不確定度（U）係由合成標準不確定度（u）與包含因子 k = 2 的乘積導出，對應約 95% 的信賴水準。量測不確定度依 GUM [15] 判定。所報告不確定度的估計值適用於量測期間所取得的數值，並未考量可能的長期變化。

傳導 EMI 量測不確定度預算

不確定度來源	**標準不確定度，u(xi)/xi（dB）**
重複性（Type A）– 設置 + EUT	0.953
EMI 設備準確度（取自校準證書）	0.185
雜訊與訊號品質	0.577
頻寬與解析頻寬（RBW）	0.289
量測時間與平均	0.115
環境因素	0.115
相對合成標準不確定度（RSS）：	1.18
擴展不確定度 U（k=2, norm）：	2.35

結語

本文的目的在於說明我們在效率與噪音量測上所遵循的方法論，ETA 與 LAMBDA 認證即由此衍生。此外，我們希望分享在無數次電源供應器評估後所累積的知識，並協助其他具備適當設備與對應 ISO 認證（17025）的實驗室，以證明所有程序都會被詳細遵循並依我們的標準進行測試。

除了完整呈現我們的效率與噪音方法論之外，我們決定再邁出一（大）步，更新並呈現我們的整體效能演算法。透過此演算法，任何人都能在考量包括保護功能在內的所有關鍵因素（而不只是純粹效能）之下，對任意數量的電源供應器進行高度細緻的比較。此演算法的開發是一項艱鉅的工作，我們也將依日後所蒐集到的新數據與經驗持續更新。儘管如此，我們仍計畫在 beta 評估中使用此演算法。我們也會與部分媒體／評測網站分享，包括 以協助他們提供更準確的比較結果。 Hardware Busters

參考文獻

[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.