Cybenetics 機殼測試規範

修訂版 **1.6**

作者：**Aristeidis Bitziopoulos**

賽普勒斯，尼古西亞

2026 年 8 月

修訂歷史

版本	發布日期	備註
1.0	2020 年 9 月	初稿
1.1	2021 年 5 月	測試方法有重大變更
1.2	2022 年 6 月	隔音等級變更
1.3	2023 年 9 月	方法有重大變更
1.4	2024 年 6 月	多項小幅變更
1.5	2026 年 8 月	量測不確定度已更新為目前受控的不確定度預算（P19）。
1.6	2026 年 8 月	移除已汰換之自製負載器的說明與照片；新增測試系統置於恆溫恆濕試驗箱內的照片；軟體螢幕擷圖以目前版本 (v6.94) 重新擷取，先前的擷圖有裁切。

Table of Contents

前言 4
噪音量測設備與 DUT 架設 4
噪音量測程序 5
機殼風扇噪音量測 6
散熱效能測試架設與程序 7
數據分析 11
結語 12
參考文獻 13

前言

在機殼（PC 外殼）中進行準確的噪音與散熱量測是一項挑戰，除了經驗之外，還需要專業的設備與適當的場地，尤其是噪音量測。在針對此主題進行廣泛研究之後，我們制定了以下各段所分析的方法。這是一項持續進行中的工作，意即我們會不斷更新相應的程序，直到發展出完美的方法為止。由於這個世界上沒有任何事物是完美的，我們絕不會就此止步。相反地，我們將始終致力於尋找最佳的測試程序，以揭示受測裝置（DUT）的每一個面向。

噪音量測設備與 DUT 架設

在進行噪音量測之前，我們必須先在機殼內安裝一套完整的系統。這樣做有兩個原因：其一是徹底檢視安裝過程，其二是這些零組件能減少機殼內部的回音。空機殼會產生類似空房間的回音，明顯影響噪音量測結果。

下表列出我們用於噪音量測的測試系統。對於較小的機殼，我們使用 mini-ITX 主機板。

噪音測試系統規格	
主機板	MSI B760-Plus WIFI-D4
CPU	Intel i9-12900K
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX Ti
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
記憶體	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
電源供應器	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散熱器	be quiet! Pure Power 2 FX 240mm
機殼	受測裝置
環境溫度	25oC ± 0.1oC

所有噪音量測皆在本底噪音極低（約 6 dBA）的半消音室中進行。DUT 安裝於消音室內。圖 1 詳細說明了麥克風與 DUT 在消音室內的位置。

量測用麥克風的擺放方式使其與水平軸形成 30o 至 45o 的夾角，且其與 DUT 的垂直距離為一公尺。

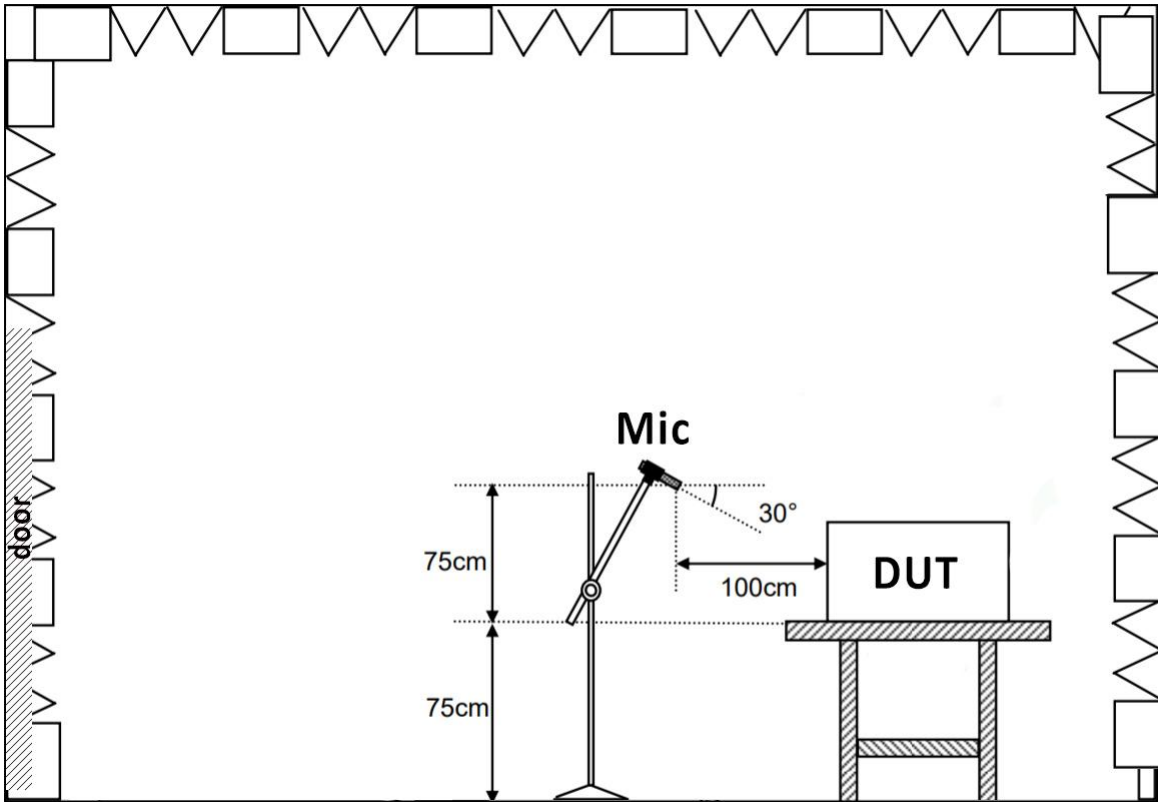

圖 1

噪音量測程序

我們會在開始量測前 15 至 30 分鐘開啟 Bruel & Kjaer G-4 Type 2270 [1] 噪音計，讓其達到工作溫度。在開始量測之前，我們會使用 Bruel & Kjaer Sound Calibrator Type 4231 [2] 對噪音計進行校準。

我們將一具喇叭置於量測位置，並在表 1 所列的各個頻率下量測其音量強度。我們同時也量測 Chirp [3] 訊號、粉紅噪音 [4] 與白噪音 [5]。上述量測結果作為該喇叭在開放空間中音量的參考基準。

測試頻率	
100 Hz	10 KHz
250 Hz	11 KHz
500 Hz	12 KHz
1 KHz	13 KHz
2 KHz	14 KHz
3 KHz	15 KHz
4 KHz	16 KHz
5 KHz	17 KHz
6 KHz	18 KHz
7 KHz	19 KHz
8 KHz	19.5 KHz
9 KHz	20 KHz

表 1

我們將機殼以垂直於麥克風的方式安裝在消音室內的既定位置，以確保每次量測的條件相同。接著，我們把先前已在開放空間中量測過的喇叭安裝在機殼內部。我們盡可能將其放置在靠近麥克風所指向的那一側，但不接觸側板。同時，我們也特別注意將喇叭盡可能放置在靠近機殼底部的位置（見圖 2）。

圖 2

我們重複完全相同的量測，也就是在上述各頻率下量測喇叭的噪音輸出。我們的目標是找出開放空間噪音量測值與喇叭置於機殼內時的差異。這些差異連同粉紅噪音、白噪音與 Chirp 噪音的結果，能詳細呈現機殼在寬廣頻率範圍內的隔音表現。

粉紅噪音是每個八度音程能量相等的隨機噪音，因此被廣泛用於房間與音樂廳中的喇叭等化校正。這也是我們選擇它作為機殼隔音表現標準（稱為 DELTA）主要效能指標的原因。根據我們的經驗，粉紅噪音與白噪音（包含多種頻率且強度相同的噪音）所得到的隔音表現結果完全一致。

機殼風扇噪音量測

我們使用 Corsair 的 Commander Pro [6] 搭配團隊自行開發的軟體來控制機殼風扇。此外，Commander Pro 由另一套被動散熱的系統驅動，不會影響消音室的本底噪音。

我們的軟體可依 RPM 與百分比精確調整風扇轉速。因此，我們能個別為每一顆風扇設定轉速比例，例如將一顆最高轉速為 1000 RPM 的風扇設定在 50%，其轉速即為 500 RPM（±1%）。

我們量測風扇在最高轉速的 40%、50%、60%、70%、75%、80%、90% 與 100% 時所產生的噪音。接著，我們反向運用量測邏輯調整風扇轉速，以達到 35、30 與 25 dBA 的噪音輸出，並記錄對應的風扇轉速供後續使用。

最後一項噪音量測針對顯示卡。在此測試中，我們啟動系統、將其安裝於機殼內，並關閉 CPU 與 GPU 散熱系統所使用的風扇以外的所有風扇。我們將 CPU 風扇轉速維持在最低設定以免影響量測結果，並將 GPU 風扇轉速依序調整為 40%、50%、60%、70%、75%、80%、90% 與 100%，同時量測並記錄噪音輸出。

散熱效能測試架設與程序

散熱效能於安裝在 Giant Force 恆溫恆濕試驗箱內的實際系統上進行評估，該試驗箱在每次測試全程維持環境溫度恆定。下方照片顯示試驗箱及安裝於其中的測試系統。

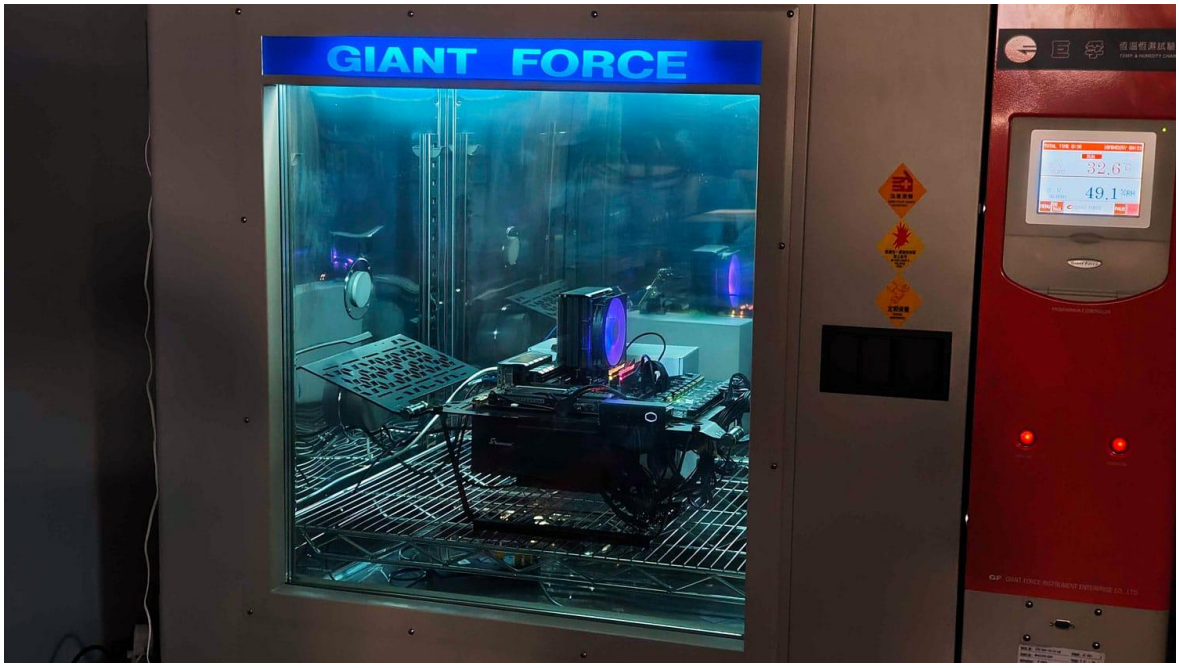

圖 3

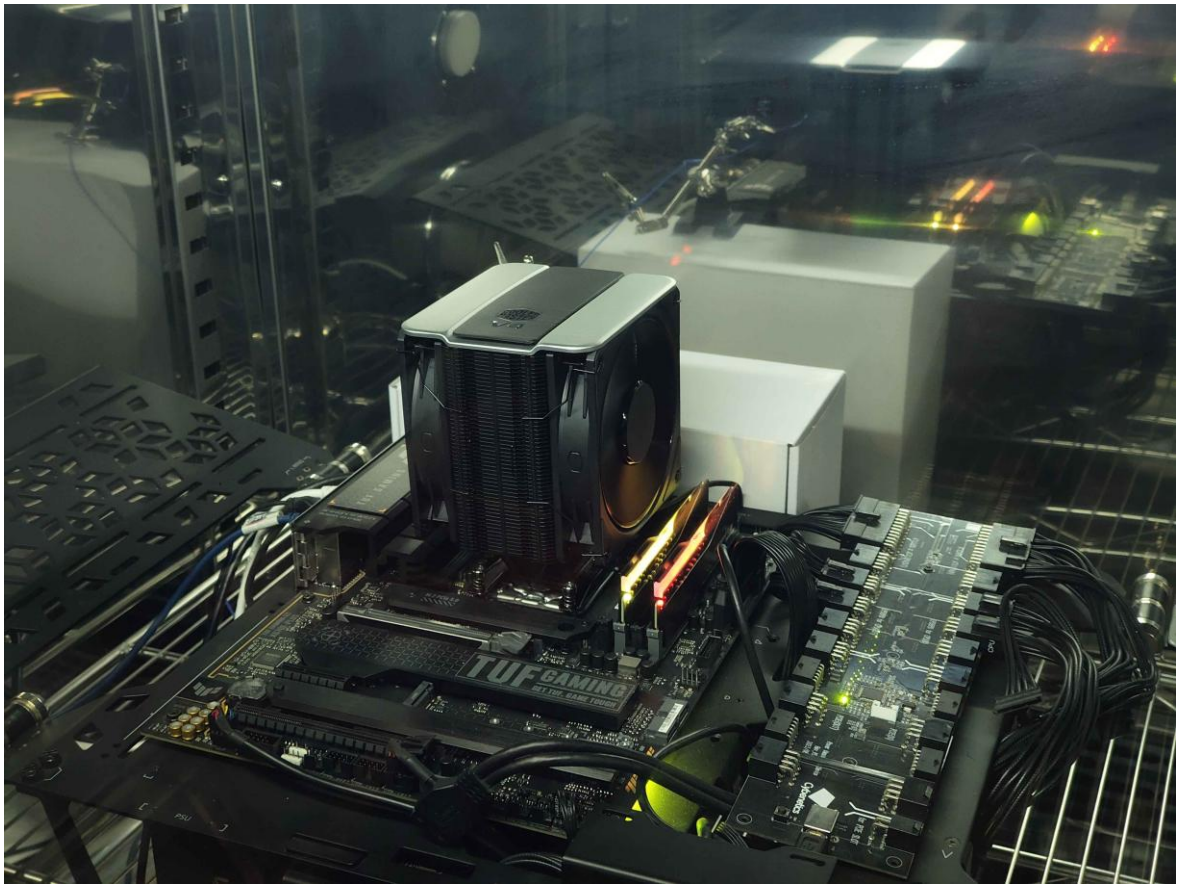

圖 4

下表顯示用於散熱效能評估的測試系統配置。我們在主機板晶片組、VRM 與 NVMe 硬碟上安裝了溫度探棒（K-type），以取得準確的溫度讀值。其餘的溫度讀值則取自主機板上的感測器。我們不使用任何額外的風扇，僅使用機殼隨附的風扇。

散熱測試系統規格	
主機板	Gigabyte X670E AORUS Master Bios 版本：F10a
CPU	AMD Ryzen 9 7950X 3D
GPU	Galax GeForce RTX 4060 EX Ti
NVMe	XPG GAMMIX S50 Lite 1TB
記憶體	XPG Lancer DDR5 (2 x 16GB) @ 6000MHz
電源供應器	EVGA SuperNOVA 1000 G7
CPU 散熱器	Noctua NH-D15S chromax.black
機殼	DimasTech Bench
環境溫度	25oC ± 0.1oC
驅動程式	AMD 晶片組：5.02.19.2221 NVIDIA：537.13

首先，我們將機殼置於受控環境中，即 Giant Force [7] 恆溫恆濕試驗箱，溫度設定為 25o C（77o F）。接著，我們連接 Pico TC-08 熱電偶資料記錄器 [8]，以取得安裝在機殼內外指定位置的所有溫度探棒的數據。具體而言，我們在主機板 VRM、晶片組、NVMe 硬碟、機殼排風口與 PSU 排風口設置探棒。最後，我們另設一支探棒量測環境溫度以作為備援。

我們的軟體可全自動長時間執行多項基準測試，以檢驗機殼在不同負載程度下的散熱效能。最嚴苛的測試是同時執行 Prime95 與 FurMark。

以下是我們自行開發軟體的螢幕擷圖（圖 5 與 6）。機殼風扇以先前所記錄、可輸出 25、30 與 35 dBA 噪音等級的轉速運轉，並另外於最高轉速下運轉。因此，必須先進行噪音測試。CPU 與 GPU 風扇則以其預設的轉速曲線運作，且我們評測的每一款機殼皆採用相同設定。

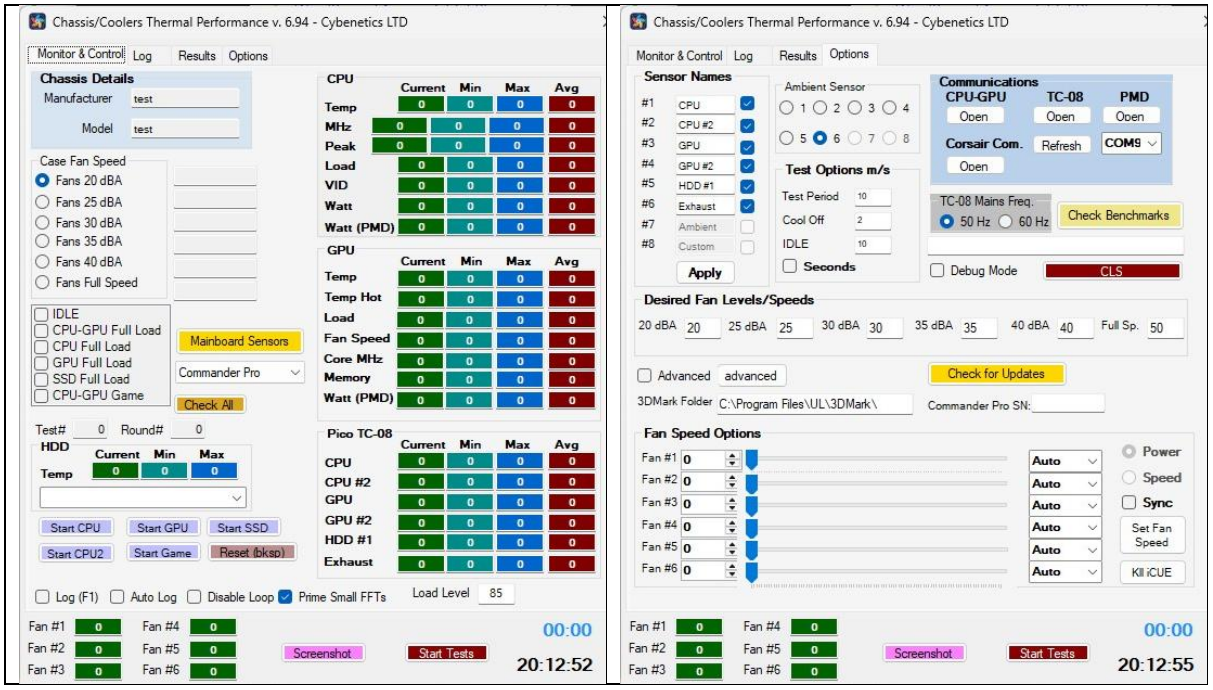

圖 5、6

所有機殼風扇皆連接至 Corsair Commander Pro，因此我們能完全掌控它們。此外，Corsair Commander Pro 與 Pico TC-08 皆由我們的軟體控制與監控。

所有測試皆透過我們自行開發的軟體自動執行，除了程序最開始所做的初始設定之外，無需測試工程師介入。散熱測試由六項個別測試組成，每項執行十五分鐘。每項測試之間有 10 分鐘的中間冷卻期，並在收集所有溫度資訊之前讓系統閒置十分鐘。

為了詳盡說明我們所遵循的程序：首先，我們輸入噪音量測期間所取得、對應 35、30 與 25 dBA 噪音輸出的機殼風扇轉速。我們另外再考慮一種風扇以全速（100%）運轉的情境。

對所有機殼採用標準化的噪音輸出等級，可讓所有相關產品置於相同的嚴格運作條件之下。若比較預裝風扇特性不同、因而噪音輸出也不同的機殼，將有失公允。對於不在意噪音輸出、只想瞭解最佳情況下散熱效能的使用者，我們也一律提供全速風扇測試。

散熱效能測試需執行數小時。全部完成後，我們會彙整結果並輸入資料庫以供進一步分析。所有結果皆自動收集，並可匯出為多種格式。

數據分析

數據分析係依據聲學科學文獻 [12] [13]，以及我們在數十次 PC 機殼測試中累積的經驗進行。

如第一部分所述，在量測機殼的隔音表現時，我們會量測機殼在許多頻率下的行為。之所以如此，是因為我們想瞭解機殼在哪些頻率下會產生共振而可視為噪音放大器，又在哪些頻率下具有阻尼作用。機殼的材質選擇具有重要影響，因為不同材質的表現可能有所差異。我們也在三種必要訊號下量測機殼的阻尼效果：Chirp、粉紅噪音與白噪音。

更詳細地說：

- Chirp 訊號常用於雷達與聲納應用。
- 粉紅噪音是生物系統中最常見的訊號。它涵蓋整個聲頻範圍（20 Hz – 20 KHz），且其功率與頻率成反比，也就是說，訊號頻率越高，其強度越低。
- 白噪音是具有連續頻譜的隨機噪音，其頻譜功率密度與頻率無關。

我們以開放空間量測值與各機殼量測值之間的差異（Delta）來比較不同 PC 機殼的結果。Cybenetics 為此制定了專屬標章，即 Delta Badges，讓我們能依據機殼所達成的噪音衰減量輕鬆加以分級。

我們決定採用粉紅噪音的 Delta 值來進行上述分級，因為它涵蓋整個聲頻範圍（20 Hz – 20 KHz）；如此一來，我們便能取得所關注頻率範圍內的整體阻尼表現，同時也利用其在各八度音程間功率均勻的特性。

等級	隔音要求
A+	≥8 dB(A)
A	≥5 dB(A) 至 <8 dB(A)
Standard	≥2 dB(A) 至 <5 dB(A)

結語

在本文中，我們盡可能以淺顯的方式說明機殼評測所遵循的方法。每一項聲學測試程序都需要具備幾項要素：可靠性、準確度、經過校準的設備、正確操作設備的知識，以及盡早辨識問題與量測誤差的經驗。可惜的是，經驗唯有在大量測試之後才能累積。所幸 Cybenetics 團隊成員接觸機殼已超過十年，他們在此領域的綜合知識造就了我們所遵循的完整測試規範。由於我們追求完美，儘管明白這個世界上沒有完美的事物（當然，貓咪除外），我們仍將持續尋找新的方法與途徑，以探索此主題的更多面向。

參考文獻

[1] (last accessed on 18 June 2020) https://www.bksv.com/en/products/sound-and-vibration-meters/sound-level-meters-and-vibration-meters/2270-series/Type-2270-S
[2] https://www.bksv.com/en/products/transducers/acoustic/calibrators/4231
(last accessed on 18 June 2020)
[3] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/chirp-signal
(last accessed on 18 June 2020)
[4] http://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-p.htm#pink-noise
(last accessed on 18 June 2020)
[5] http://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-w.htm#white-noise
(last accessed on 18 June 2020)
[6] (last accessed on 18 June 2020)https://www.corsair.com/eu/en/Categories/Products/Accessories-%7C-Parts/iCUE-CONTROLLERS/iCUE-Commander-PRO-Smart-RGB-Lighting-and-Fan-Speed-Controller/p/CL-9011110-WW
[7] http://www.giant-force.com.tw/en/HOMEPAGE.htm
[8] https://www.picotech.com/data-logger/tc-08/thermocouple-data-logger
(last accessed on 18 June 2020)
[9] (last accessed on 18 June 2020)https://www.mersenne.org/
[10] (last accessed on 18 June 2020)https://geeks3d.com/furmark/
[11] (last accessed on 18 June 2020)https://www.3dmark.com/
[12] Standard ECMA-74 Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment
https://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-074.htm
(last accessed on 18 June 2020)
[13] ISO 9296:2017 Acoustics - Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment https://www.iso.org/standard/32303.html
(last accessed on 18 June 2020)