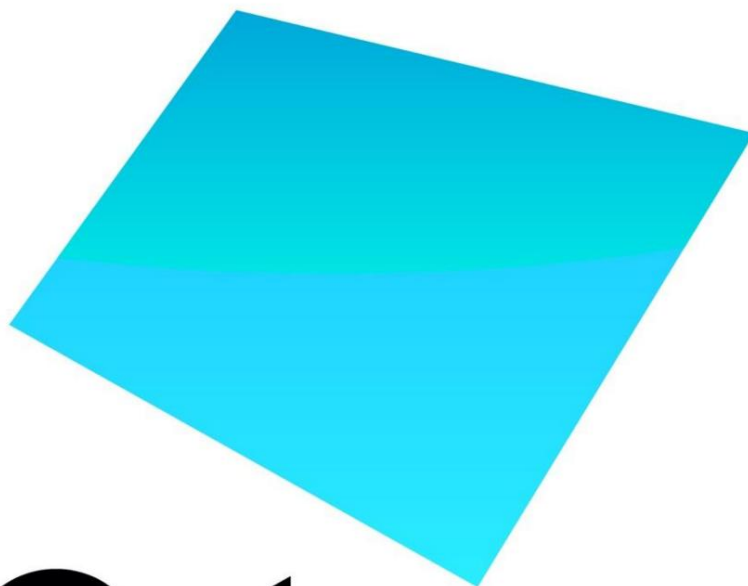


完整的 Cybenetics 测试协议,包括能量
AC-DC 电源的效率、输出噪声和整体性能计算

修订版 3.0

作者:阿里斯蒂迪斯·比齐奥普洛斯



Cybenetics

塞浦路斯尼科西亚

2024 年 9 月

修订历史

版本	发布日期	笔记
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	噪声测量程序更新
1.3	2020年7月	增加了背景噪音计算
1.4	2020年8月	增加了漏电流设备并更新了 EMI 设备
1.5	2021年1月	一些定义的变化
1.6	2021年5月	负载调节计算的变化和其他小修复
1.7	2021年9月	细微修改
1.8	2021年9月	修复 Eq10 描述中的错误,更新了 PSU 时序描述,更改了 Eq12
1.9	2021年11月	增加了冗余 PSU 的效率和 PF 计算,并进行了一些更改以引入 ATX12VO PSU
2.0	2022年5月	为 ATX v3.0 兼容 PSU 添加了新的瞬态响应测试
2.1	2022年6月	修正了公式 8 中的拼写错误
2.2	2023年1月	对性能计算算法和示例进行了更改
2.3	2023年2月	性能计算算法的变化 (ATX v3.0 瞬态响应奖励)
2.4	2023年2月	修复了性能计算示例中的一些拼写错误
2.5	2023年3月	ATX v3.0 测试程序更新
2.6	2023年5月	5VSB CL 测试负载改为 3W
2.7	2024年1月	OCP奖金变动
2.8	2024年6月	细微修改
2.9	2024年9月	增加了风扇故障加分和 ATX v3.1 参考。延迟时间说明。
3.0	2024年9月	添加了背景噪音截图。其他细微更改。

目录

目录

定义.....	5
交流信号.....	5
环境温度.....	5
视在功率.....	5
直流信号.....	5
效率.....	5
电源.....	5
IEEE 标准 1515-2000	5
ATX 规格.....	5
输出电压纹波.....	5
真实功率因数.....	6
波峰因数.....	6
导轨或直流母线.....	6
额定交流输入电压范围.....	6
额定直流输出电压.....	6
额定直流输出功率和电流.....	6
RMS (均方根)	6
稳定状态.....	7
总谐波失真 (THD)	7
被测装置	7
序言.....	8
测试设置和测量条件.....	9
测量设备.....	9
测量软件 – Faganas ATE.....	11
输入电压和最大输出功率.....	11
测试条件.....	11
效率测量程序.....	12
输出噪声测量程序.....	14
背景噪声计算.....	15
输出噪声测量测试设置.....	17

总体性能计算.....	19
负载调节.....	19
纹波抑制.....	20
瞬态响应.....	20
开启瞬态电压过冲.....	21
平均效率.....	21
最大额定容量负载 2%或10W 时的效率 (对于 <500W PSU)	21
平均 5VSB 效率.....	22
平均 PF	22
保持时间.....	22
电源就绪信号.....	22
容量.....	23
PSU 时序.....	24
PSU 保护.....	24
总体绩效评级计算.....	25
总体绩效评级计算示例.....	27
测试报告范例.....	29
结语.....	30
参考文献.....	31

定义

交流信号

一种时变信号,其极性随时间段T而变化,其平均值为零。[1]

环境温度

被测设备 (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。

直流信号

极性和幅度不随时间变化的信号。[1]

效率

总实际输出功率与产生该功率所需的实际功率输入之比,以百分比表示,使用以下公式:

$$= \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100$$

输入功率 (Pin)包括 UUT 的冷却风扇所需的功率。

电源

电源装置将一个电压转换为直流电压输出,具体取决于其类型。例如,具有多个直流电压输出 (导轨)的 PSU 主要用于台式电脑。

IEEE 标准 1515-2000

IEEE Std 1515 [1] 是一种主要的规范语言,提供参数定义、测试条件和测试方法。它并不试图标准化规范本身。相反,它提供了让每个人都能在公平的竞争环境中使用同一种语言的基础。

该标准于2019-11-07撤销[<https://standards.ieee.org/standard/1515-2000.html>],但我们决定使用其中的几个定义,因为它们仍然适用。

ATX 规格

ATX (高级技术扩展)是英特尔于 1995 年开发的主板和电源配置规范,旨在改进 AT 设计等先前的事实标准。[6]

输出电压纹波

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。目的是表征与输出开关频率 (或两倍输出开关频率)下的开关动作相关的残余分量。

真实功率因数

真功率因数是有效功率 (P,单位为瓦)与视在功率之比 (S)单位为伏安

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

波峰因数

波峰因数是峰值电流与 RMS 电流 (或峰值电压与 RMS 电压)的比率。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时,峰值因数为1.0。

导轨或直流母线

电源的任何直流输出,用于向连接的系统供电。多轨电源的标准轨为 +12V、+5V、+3.3V、+5VSB,最新 ATX 可选配 -12V 规格。

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。它显示在 UUT 的电源标签上。

额定直流输出电压

描述

额定直流输出功率和电流

额定直流输出功率和电流是电源在特定环境温度下在其导轨上可以提供的最大负载。制造商提供电源每个导轨的直流输出功率和电流输出,并在电源标签和包装上标明。

因此,如果有任何差异,我们总是考虑电源上的电源标签。

RMS (均方根)

在整个周期内取函数值的平方的平均值的平方根。例如,正弦波的 RMS 电压值可以计算如下:

$$= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2 dt}$$

其中 T 是波形的周期,

V(t) 是时间 t 时的瞬时电压

VRMS 是 RMS 电压值。[1]

稳定状态

系统的运行状态,其中观察到的变量响应输入或其他刺激,根据系统传递函数的定义达到平衡状态。对于电源,这可能涉及系统输出处于某个恒定电压或电流值。[1]

总谐波失真 (THD)

总谐波失真 (THD 或 THDi) [7] 是信号中谐波失真的测量值,定义为所有谐波分量的功率之和与基频功率之比。

被测设备

UUT 是 “Unit Under Test”的缩写,指的是被测的 PSU 样本。

序言本文的

目的是清楚地解释我们的方法和测试程序,不仅针对效率和噪声输出结果,还针对 PSU 的所有重要性能方面,包括纹波抑制、瞬态响应、保持时间、浪涌电流等。

对于想要检查其产品是否符合我们的效率和噪音标准 (ETA 和 LAMBDA) 的所有品牌和制造商来说,本文将是一个很好的信息来源。此外,它将允许每个拥有适当设备的实验室验证我们的结果,正如 ISO17025:2017 [8] 所规定的那样。为了更详细地说明这一点,两个拥有经过校准的设备、具有相同功能并且可以提供类似准确度的结果的实验室

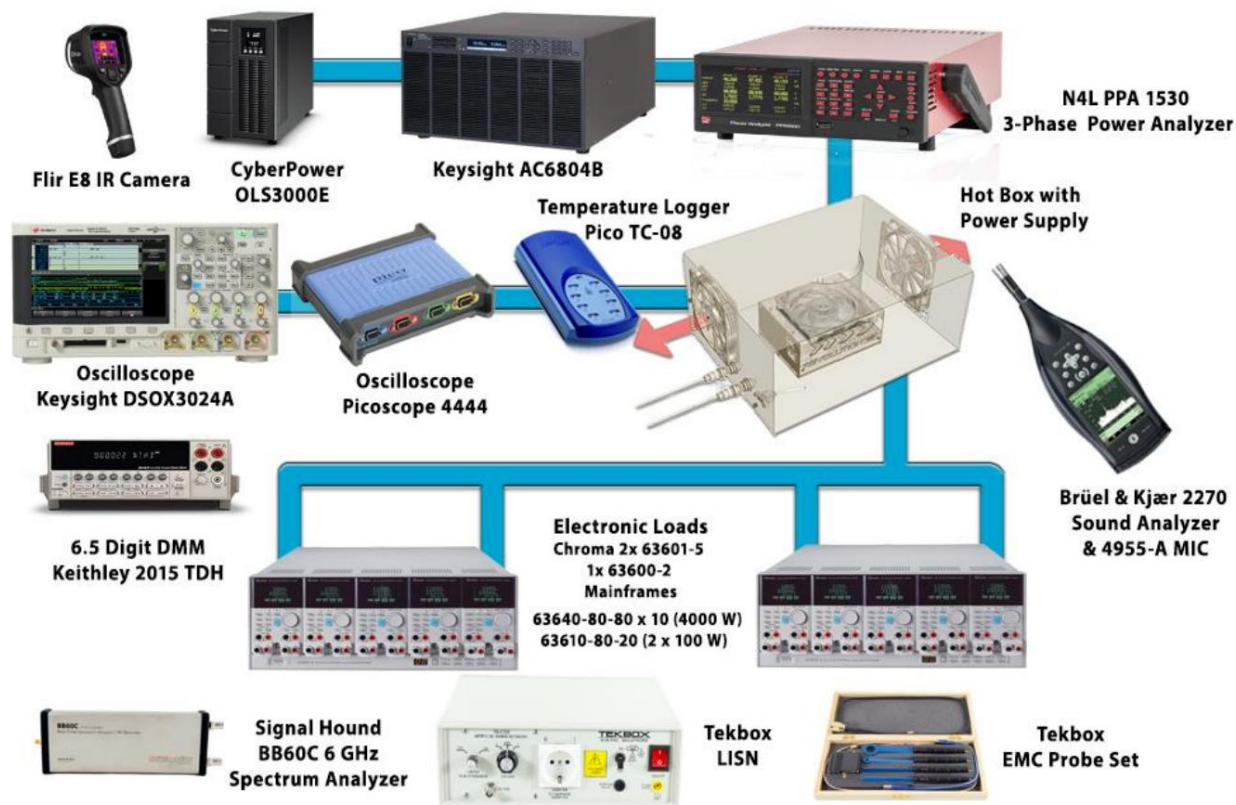
应该得出相同的结果,因为它们遵循相同的方法。Cybenetics 旨在成为一个认证机构。它将接受所有来自 ISO17025 认证实验室的结果,这些实验室遵循提供的方法获取必要的数据,ETA 和 LAMBDA 认证就是从这些数据中得出的。

到目前为止,现有的能效标准存在许多缺陷,其中包括测量次数有限 (三到四次)、进行测试的环境温度非常低、缺乏任何备用轨道测量,以及未提及用于执行测量的设备。尤其是后者非常重要,因为每一份适当的测试报告都应包括用于进行所有测试的设备

测量。

测试设置和测量条件

除非另有说明,所有测量均采用下面提到的设备和条件进行。

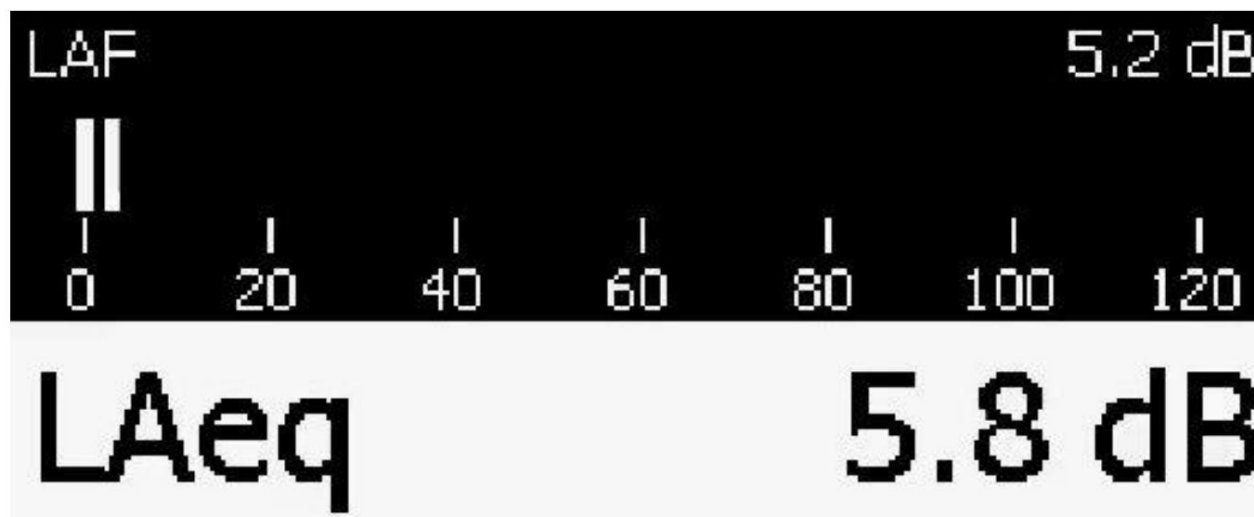


测量设备

所有测量均使用多个装备齐全的 Chroma 63600 站进行。每个站可提供超过 4 kW 的负载,包括两个 63601-5 和一个 63600-2 主机。此外,上述每个主机都承载十个 63640-80-80 [400 W] 电子负载以及两个 63610-80-20 [100 W x2] 模块。最后,我们有一个 Chroma 6314 站,目前作为备用。它可以提供高达 2500 W 的负载,由两个配备以下电子负载的 6314A 主机组成:六个 63123A [每个 350 W]、一个 63102A [100 W x2] 和一个 63101A [200 W]。

我们使用的交流电源是一台 Chroma 6530,能够提供高达 3 kW 的功率,一台用于浪涌电流测试站的 Chroma 61604,最大容量为 2 kW,以及两台 Keysight AC6804B,最大功率为 4 kW。所有交流电源都通过强大的隔离变压器连接到主电网。最后,我们使用 CyberPower OLS3000E 在线 UPS 设备保护交流电源。

我们其余的设备包括三台 Picotech TC-08 热电偶数据记录器、两台 Fluke 万用表（型号 289 和 175）、一台 Keysight U1273AX 万用表、一台 Keithley 2015 THD 6.5 位台式数字万用表和三台实验室级 N4L PPA1530 三相功率分析仪,基本精度为 0.05%。此外,为了备用,我们还有一台 Yokogawa WT210 功率分析仪和一台 GW Instek GPM-8212。最后,我们还有一台高精度 N4L PPA5530 三相功率分析仪,基本精度为 0.01%,用于我们的浪涌电流测试站。



噪音测量采用 1 级 Bruel & Kjaer 声音分析仪 (2270 G4 和 2250-LG)进行,配备 4955-A 型低噪音和自由场麦克风,可测量低至 5 dB(A) (我们还有 4189 型麦克风,其加权动态范围为 16.6-140 dBA) 。声音分析仪安装在半消声室中,接近

本底噪声为 6 dB(A)。每次测量噪声之前,都会使用 Bruel & Kjaer 4231 型校准声音分析仪。

由于我们的实验室配备了 Rigol RSA3015E-TG 频谱分析仪 (9kHz -1.5GHz) ,并配有 EMI 选项,因此我们可以进行电磁兼容性 (EMC) 评估。我们还使用 Tekbox TBLC08 LISN 将电源与本次测试中的设备 (DUT)隔离。我们的第二台频谱分析仪是 Signal Hound BB60C,我们还备用了 Rigol DSA815-TG。

最后,为了在需要时识别 EMI 源,我们配备了一组 Tekbox EMC 探头 (TBPS01)和一个 TBWA2 宽带放大器。

为了测量漏电流,我们使用 GW Instek GPT-9804 电气安全测试仪。

除了漏电流外,该测试仪还可以进行以下测量:

- 耐交流电
- 直流耐受能力
- 绝缘电阻
- 接地体

测量软件 – Faganas ATE

我们方法论的一个重要部分是连接到所有

我们使用的设备,甚至是热箱。这个应用程序是过去十年开发的,它包含数千行代码。我们最近用 C# 重新编写了应用程序,以使其符合现代编码趋势。

除了收集所有数据、存储数据并允许以任何可能的形式提取数据 (以满足我们的要求)之外,其最重要的功能之一是它还允许我们对获得的所有读数取平均值。通常,我们会检查每个不同的负载水平四到十分钟,在此期间,我们不会只是随机读取数据,而是收集所有数据并取平均读数作为最终结果。这是获得高度准确结果的唯一方法。此外,随着电源内部热量的增加以及 PSU 仪表电阻的变化,由于温度差异,电压、负载、负载和效率自然会有所不同。因此,最好的方法是考虑整个测试过程中的所有读数并接受平均值作为最终结果。

输入电压和最大输出功率

除了 115 V 和 230 V,我们还在 100 V 下进行测试,以检查 PSU 在较低电压输入下的性能。由于我们在接近 45°C 的高环境温度下对所有 PSU 进行了高强度测试,

我们避免使用更低的电压输入 (例如 90V)进行测试,因为 PSU 故障也会损坏与其直接连接的功率分析仪。但是,通过提高热箱内部的热量并拨打比标称值更高的负载,我们已经对 DUT 施加了巨大的压力,尤其是在 100 V 输入的情况下,模拟了一些最糟糕的现实情况。

我们使用电源标签检查最大瓦数输出。我们还对电源进行了 110% 负载的测试,工作温度超过 45°C,电源声称

在50°C时提供连续满载输出。

测试条件

效率和噪音输出测试的环境温度为 30°C (+-2°C)。我们还在 35-45°C 范围内的更高环境温度下进行测试 (+-2°C)。

效率测量程序

与仅需三到四次测量的现有方法不同,我们在 DUT 中应用了 1450 多种不同的负载组合。整个过程总共持续约两个半小时。总体或平均效率是所有测量的平均值,涵盖

PSU 的整个工作范围,除了冗余 PSU,我们取 PSU 工作范围的 2-100%。这样,制造商就不可能调整其产品以满足某些指定的负载水平,因为本质上,我们考虑的是在整个负载范围内均匀分布的大量不同负载组合下的效率水平。

除了效率之外,我们还考虑电压、纹波、功率因数、噪声和温度测量。

对于 ATX12V PSU,我们尝试在 5V 和 3.3V 上设置至少 20 个不同的负载水平。同时,我们还在 +12V 上设置了适当的负载步骤,总共可以在 +12V、5V 和 3.3V 上提供至少 1450 种负载组合。最后,我们在 5VSB 上施加 0.6A 的稳定负载,而我们不处理 -12V,因为最新的 ATX 规范不再需要 -12V。

在仅具有单个主轨和备用轨的冗余和 ATX12VO 单元中,我们将后者轨上的负载增加 1W,因此如果此轨具有 15W 容量,我们应用 15 种不同的负载级别 (每次增加 1W)同时主轨上设置适当的负载步骤以允许至少 1450 种不同的负载组合。

-12V, 5V, 3.3V min loads (W) for CL tests		Options							
+12V Min:	<input type="text" value="10"/>	5/3.3V Min:	<input type="text" value="10"/>	+12V step (W):	<input type="text" value="10"/>	5V/3.3 step (W):	<input type="text" value="5"/>	time (sec):	<input type="text" value="5"/>

下面以代码形式提供了用于推导 ATX12V PSU 导轨负载水平的算法描述。对于只有两个导轨 (主导轨和备用导轨)的设备,使用更简单的算法。输出表包含所有可能的负载组合,给定我们选择的 +12V 和 5V/3.3V 瓦特阶跃输出。我们还有一个用于导轨上最小施加负载的条目。

一些较旧的 PSU 在次级侧采用组调节方案,无法在 +12V 为零负载、次级轨道为满负载的情况下正常运行 (反之亦然)。最后,5VSB 的负载在整个测试过程中保持不变。我们选择它有两个原因:这是备用轨道,因此很可能不会在 PSU 运行时使用它;其次,如果我们在下面显示的算法中采用此轨道,则相应的测试将持续更长时间。

```

最大 12V 负载= PSU 12V 最大功率- V12 最小负载
Max_5V_load = (Minor_Rails_Max_Combined_Load /5) *3
最大 33V 负载= (次要轨道最大组合负载/5) *2

负载步长_12V :=舍入 (最大 12V 负载/瓦特 12V 步长)
负载步长_5V :=舍入 (最大5V负载/瓦特5V_33V步长)
负载步进_33V :=舍入 (最大33V负载/瓦特5V_33V步进)

对于i := 0到 Load_steps_12V执行
    对于k := 0到 Load_steps_5V执行
    {

        l := k;
        如果l > Load_steps_33V 则 l := Load_steps_33V

        总 12V:= V12_最小_负载+瓦特_12V_步进 总 5V = V5_V33_最小_负载+瓦特 *k
        _5V_33V_步进 总 33V = V5_V33_最小_负载+瓦特_5V_33V_步进 *升

        如果总12V +总5V +总33V <= PSU_Max_Power 那么
        {
            j = j + 1;
            //行号
            加载组合表.单元格[0, j] = j
            // 12V 负载
            负载组合表.电池[1, j] = total12V
            // 5V 负载
            Load_combinations_table.Cells[2, j] = total5V
            // 3.3V 负载
            加载组合表.单元格[3, j] = total33V
        }
    }
}

```

我们的方法提供的大量数据使我们能够在必要时快速修改效率认证程序。最后,我们在接近 30°C 的温度下开始测试,将 PSU 放在热箱内,模拟机箱环境。测试结束时,机箱内的环境温度达到 32-34°C,接近真实情况。

吸血鬼电源 (5VSB 导轨上无负载时的功耗)对于 ATX12V 和 ATX12VO 设备非常重要,因为所有这些能量都会被浪费,而且大多数 PC 系统不会全天候运行,这意味着在一天中的大部分时间里,PSU 只是在消耗能量而没有做任何有用的事情。我们严格遵循 EN 50564:2011 和 IEC 62301 [2] 测量指南来评估每个 PSU。如果 DUT 不符合我们的标准,它将自动降级到下一个较低的效率认证级别。

如果您有先进的功率分析仪,整个过程很容易理解。将 PSU 安装在我们的负载测试仪之一上并通过我们的交流电源供电后,我们将其置于待机模式并运行相应的应用程序,自动收集所有吸血鬼功率读数并在 15 分钟内向我们提供完整报告。在此过程中,如果交流输入的 TDH 读数超出规格,则应用程序会将结果显示为无效。

除了以上这些,ETA还会考虑备用轨道的平均效率。我们

测量此电源轨上每 0.05 A 的效率,直至其最大电流输出,所有测量的平均值即为最终效率结果。因此,我们预计所有 PSU 都能在此电源轨上提供超过 70% 的平均效率输出,对于属于 ETA 计划顶级类别的设备,此阈值设置得更高。

输出噪声测量程序

正如我们在效率测量程序中提到的,我们在 DUT 的轨道上应用了至少 1450 种不同的负载组合,同时监控所有重要数据,包括风扇转速。有了风扇转速范围数据,我们就可以尽可能以最小的间隔进行噪声测量,具有高精度,并覆盖整个范围。

例如,如果风扇速度范围是 400-2000 RPM,我们每 50 RPM 间隔进行一次噪音测量。

噪声测量是在半消声室中进行的,关闭 DUT 并

其风扇连接到外部电源,施加实现所需风扇速度所需的电压。此外,风扇速度由转速表持续监测。这样,我们可以消除第三方噪音,包括电子负载的噪音。

我们制作了一个表格,其中列出了风扇转速(单位为 RPM)和该转速下对应的噪音。之后,我们的软件会查看负载测试期间收集的所有数据,并使用上表为每个风扇转速值分配一个分贝值。

一旦我们获得了使用多种负载组合进行的每项测试的 dBA 值,我们就会将 dBA 值转换为 SPL 以求平均值,完成后,我们将结果再次反转为 dBA。此过程使我们能够得到一个描述 DUT 平均值的数字

噪声输出至少有 1450 个负载组合。根据这个数字,我们将 DUT 归入 LAMBDA 类别之一。

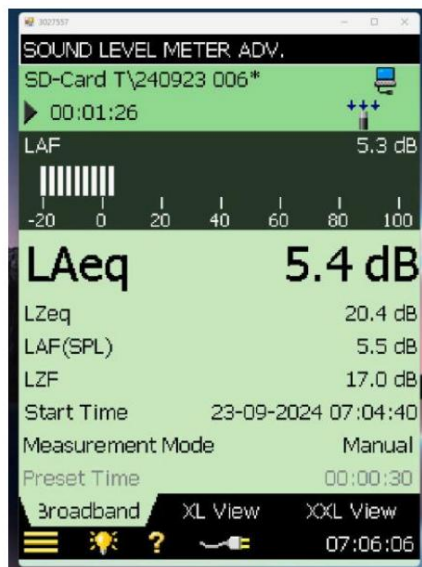
除了风扇噪音,我们还使用被动冷却负载测试仪,在半消声室中对 DUT 施加负载组合,以检查电子噪音(线圈呜呜声)。如果我们发现任何超过 6-6.5 dBA 的电子噪音,我们必须考虑最低风扇噪音水平是否在 10 dBA 范围内,因为它会影响噪音测量。更简单的方法是通过在 DUT 上施加负载来创建产生电子噪音的条件,进行相应的风扇噪音测量。根据我们迄今为止的测试结果,在一米距离内很少发现电子噪音高于 6.5 dBA 的电源,

使用基于电阻的负载。因此,在大多数情况下,线圈呜呜声是由系统部件的组合引起的。最后,迫使 PSU 发出电子噪音的应用场景起着重要作用。由于 PSU 在开启且其轨道上没有任何负载时可能会产生电子噪音,这不是现实生活中的情况,因此我们不考虑它(但仍然,我们会记下结果并通知制造商有关此问题)。仅 3.3V 轨道有负载,5V 轨道或两个次要轨道(在带有 DC-DC 转换器的 PSU 中,

不过,对于次要电源轨的生成,这意味着 +12V 电源轨也在使用中,因为它为转换器供电(如上所述)。相反,我们考虑仅将负载施加在 +12V 或 5VSB 上的情况(PSU 处于待机模式)。

背景噪声计算

根据外部条件,我们室内的背景噪音范围为 5.5 dBA 至 8 dBA。因此,为了获得最佳条件,我们倾向于在夜间进行噪音测量,此时环境噪音低于白天。



在任何情况下,背景噪声都不能超过目标声音,实际上,DUT 的输出电平必须至少比背景噪声高 3 dBA,才能使测量准确。不过,必须进行校正才能获得正确的结果。背景噪声校正定义为 $K1$ [9] [11],它是测量的源电平降低的量,以获得背景噪声校正后的源电平。

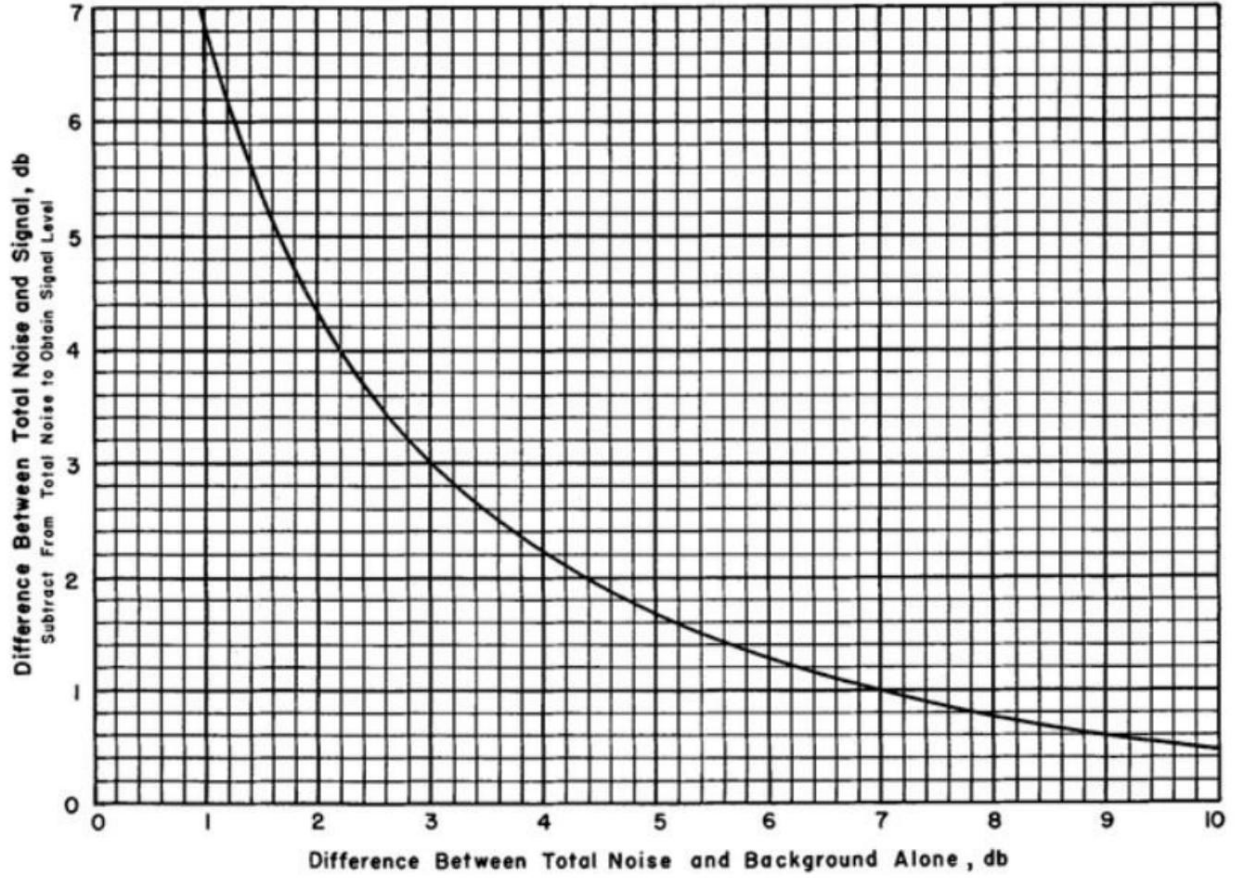
测量 DUT 噪声输出的程序如下:

- 在 DUT 运行时测量总噪声水平(LDUT + LBG),特别注意将其设置为最低噪音输出模式。
- 在 DUT 关闭的情况下测量背景噪音水平(LBG)。
- 计算上述两个读数之间的差值(LDUT - LBG)。如果小于 3 dBA,则背景噪音太高,无法准确测量。如果在 3-10 dBA 范围内,则必须进行校正。如果差异大于 10 dBA,则无需校正,但我们仍将其用于高达 20 dBA 的差异。

不受背景噪声影响的噪声源计算公式如下:

$$= \left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

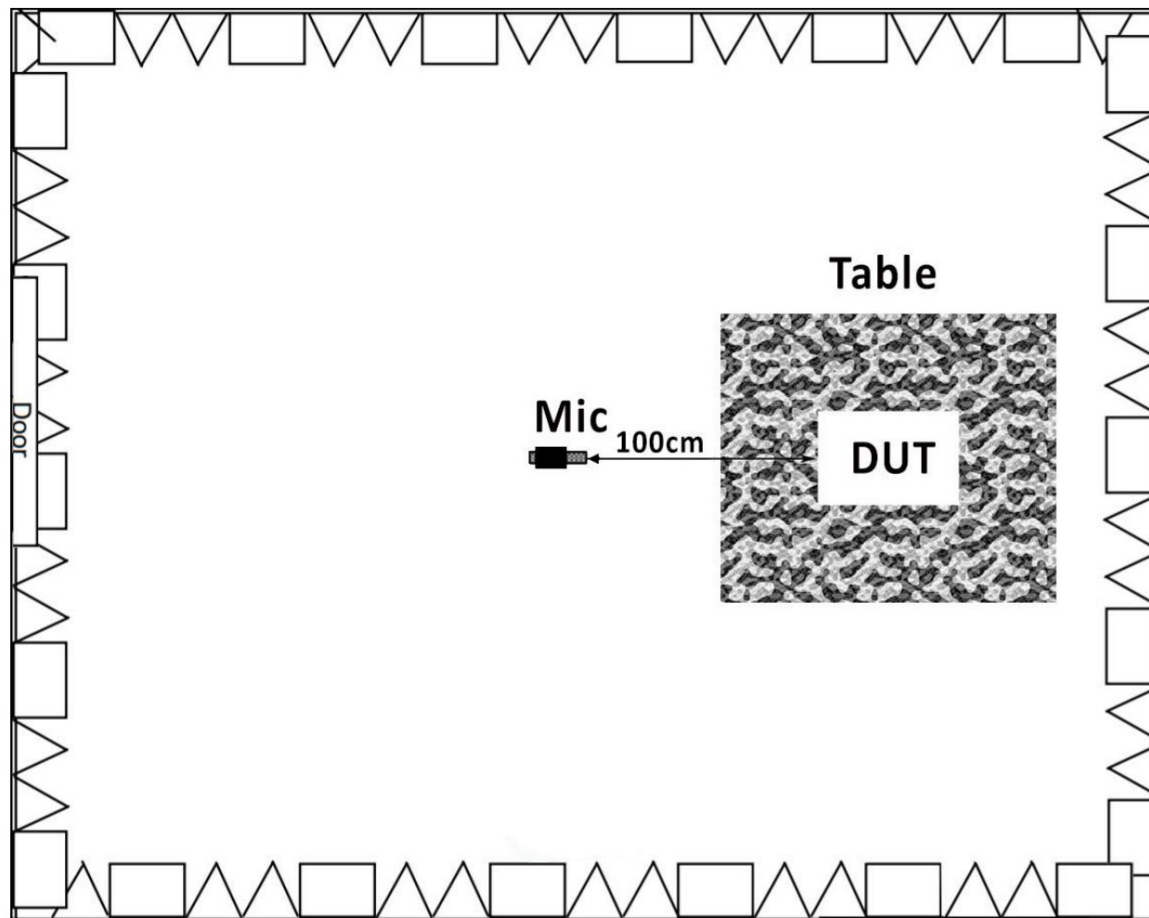
在电子表格中,上述公式可以表示为 $10 \cdot \log(10^{LDUT/10} - 10^{LBG/10})$



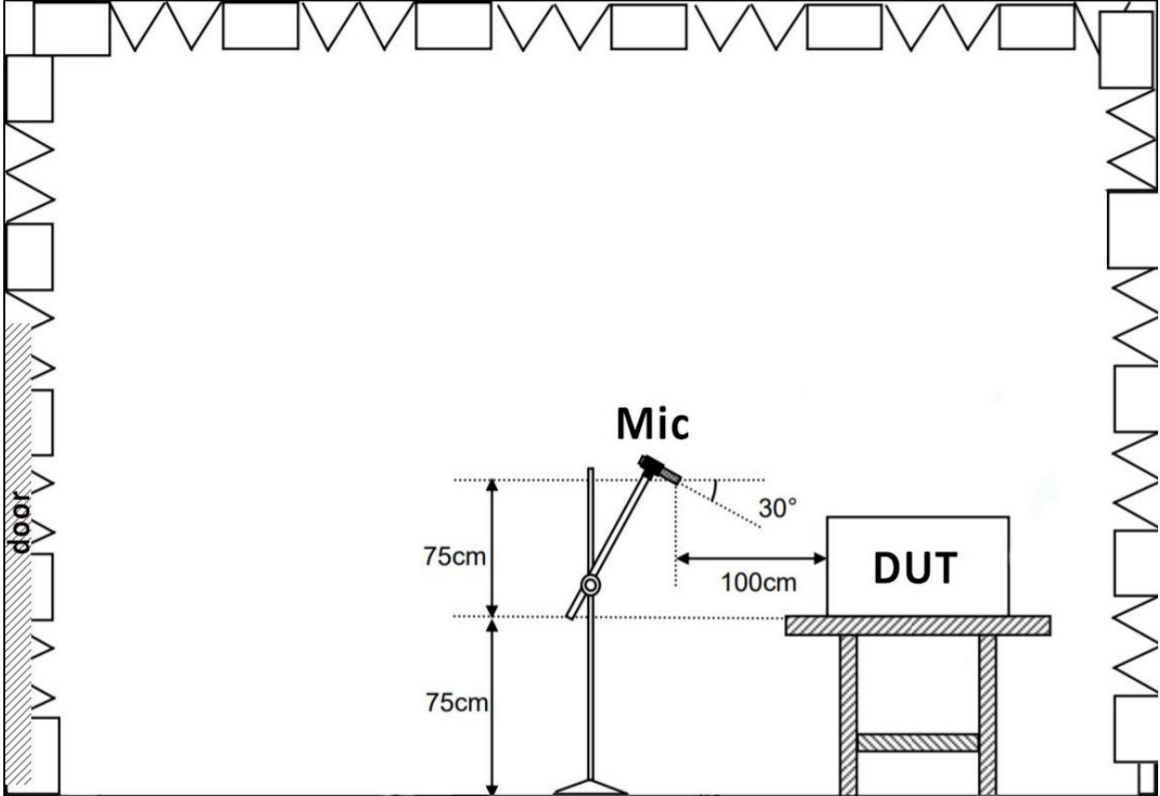
上图可用于对源信号进行背景噪声校正。

输出噪声测量测试设置

下图为我们的半消声室的轮廓图,其中精确标出了 MIC 和 DUT 的位置。我们严格遵循相应的 ISO 标准 [9] [10]。



顶视图



侧面图

总体绩效计算

用一个数字来描述电源等复杂产品的整体性能是一项挑战,因为我们进行了大量测试,而且必须考虑太多因素。尽管如此,到目前为止,我们已经完成了数千个电源测试,我们的数据库包含大量数据,这使我们能够找到迄今为止最好的电源。

算法是这项工作的首选。我们努力不断改进我们的方法,因此未来很有可能继续修改此算法以使其更加准确。鉴于我们已经掌握了所有数据,因此在我们对性能算法进行每次更改时,我们都可以很容易地在我们的数据库中计算出所有 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:

- 负载调节
- 纹波抑制
- 瞬态测试响应偏差
- 开启瞬态测试期间电压过冲
- 平均效率
- 2%负载下的效率
- 备用轨道的平均效率
- 待机功耗
- 平均功率因数 · 保持时间

- 电源就绪信号
- 最大功率
- 电源时序
- PSU 保护功能

负载调节

在理想情况下,无论负载如何,PSU 都会保持恒定的电压水平,但在实际情况下,随着负载的增加,每个轨道上的电压总会下降。在我们的测试中,电压调节显示了 20W 负载下的初始电压读数 (而不是完全无负载,因为许多 PSU 在轨道上无负载时工作不佳,而其他一些 PSU 具有无负载保护功能)与满载时所有轨道上的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节额定值:

$$= \frac{V_{12V} \cdot W_{12V} + V_{5V} \cdot W_{5V} + V_{3.3V} \cdot W_{3.3V} + V_{5VSB} \cdot W_{5VSB}}{W_{12V} + W_{5V} + W_{3.3V} + W_{5VSB}}$$

由上式可知,5V、3.3V的权重系数较低,5VSB的权重系数最低。

这是因为 +12V 导轨是系统中最重要导轨,其稳定性至关重要。

在下面的其他公式中我们也使用相同的方法。

纹波抑制

纹波表示 PSU 直流电源轨中发现的交流波动（周期性）和噪声（随机）。我们从 100% 负载测试中获取所有电源轨的纹波读数,并将它们合并到下面的公式中。

$$= \dots + \dots + \dots (\dots + \dots + \dots) + \dots$$

瞬态响应

电源对负载突然变化的反应程度是设备电源质量的一个很好的指标。因此,我们取每条轨道在所有情况下记录的最大偏差

我们进行瞬态响应测试来计算性能。

我们进行各种瞬态测试。下面是我们在不符合 ATX v3.x 规范及其未来修订版本的 PSU 中使用的标准测试：

- 当 PSU 在 20% 负载状态下运行时,会在 PSU 上施加瞬态负载,持续 20 毫秒（+12V 时为 15A,5V 和 3.3V 时为 6A,5VSB 时为 0.5 A）。
- 在 50% 负载下工作时,PSU 会受到相同的瞬态负载的影响。
- 同样,我们在以下测试中使用相同的起点,即 20% 和 50% 负载状态。此外,我们将负载变化重复率从 50 Hz（20 毫秒）提高到 1 kHz（1 毫秒）。这样,我们就可以更努力地推动 PSU。
- 在所有测试中,我们测量突然负载变化引起的电压降。电压应保持在 ATX 规范的规定限制范围内。

在符合 ATX v3.x 规范要求 [12][13] 的 PSU 中,我们会进行一组额外的、更严格的瞬态响应测试,如上文规范中所述。

电源额定功率的功率偏移百分比 PSU ≤ 450 瓦 & 不带电源 12VHPWR 连接器	电源额定功率的功率偏移百分比 PSU > 450 瓦 & 12VHPWR 连接	权力时刻 远足 (TE)	测试工作周期
100%	100%	无限	--
110%	120%	100毫秒	二十五
135%	160%	10毫秒	12.5
145%	180%	1毫秒	8
150%	200%	100微秒	5

为了计算恒定水平的功率水平（功率@ TC）和功率偏移期间的功率水平（功率@ TE）,我们使用基于最新的英特尔测试计划开发的特殊应用程序。

Transient Response Settings				
Te	2000	1800	1600	1200
Tc	917.7	897.3	881.6	923.8
	100us	1ms	10ms	100ms
	<input type="button" value="Calc"/>			

我们还应该注意,由于新的功率偏移要求,ATX v3.x 规范允许 PCIe 连接器上的电压降高达 -8%,其他连接器上的电压降高达 -7%,电压为 12V。制造商还可以将此导轨上的标称电压提高到 12.1V 或 12.2V,以避免电压水平过低。

为了保持与之前测试的 PSU 的兼容性,我们将使用以下公式,其中包含标准和 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,将加分 0.5 分。

$$= \frac{V_{peak} - V_{nom}}{V_{nom}} \times 100 + \frac{V_{peak} - V_{nom}}{V_{nom}} \times 100 \times \left(\frac{T_c}{T_{c,ref}} + \frac{T_e}{T_{e,ref}} \right)$$

开启瞬态电压过冲

这些测试中的性能计算相对简单,因为我们仅使用与 +12V 和 5VSB 电压轨的标称值相比的已记录峰值的粗略值。在 +12V 时,我们仅使用较高的电压过冲,而忽略另一个(当然如果有的话)。举个例子:如果 +12V 时较高的已记录电压过冲为 +12.5V,则峰值为 0.5V (12.5V - 12.0V),因此我们在公式中使用此值。

$$= \frac{V_{peak} - V_{nom}}{V_{nom}} \times 100 + \frac{V_{peak} - V_{nom}}{V_{nom}} \times 100 \times \left(\frac{T_c}{T_{c,ref}} + \frac{T_e}{T_{e,ref}} \right)$$

平均效率

我们应用所有负载组合 (>1450)的平均值来获得 ETA 认证的 PSU 平均效率。

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_{out,i}}{P_{in,i}} \right)$$

效率为最大额定容量负载的 2%或10W (对于 <500W PSU)

根据 ATX 规格 [参考],主流计算机空闲模式下的最低直流负载确定为 10 瓦。电源功率大于 500 瓦的计算机预计也会有更多组件,因此空闲模式下的直流负载会更高。电源功率大于 500 瓦的计算机将使用设置为 2% 水平的低负载效率。

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_{out,i}}{P_{in,i}} \right) \times 100$$

平均5VSB 效率

我们应用的所有负载组合的平均值,以获得 ETA 认证的 5VSB 导轨的平均效率。

$$= \frac{P_{5VSB}}{P_{IN}} \quad (\dots)$$

待机功耗

PSU 在待机状态下所需的电力称为吸血鬼或幻象电源,因为它是在电源不做任何事情的情况下消耗的。这种电力大部分在 PSU 的待机电路中损失。

$$= \dots$$

平均PF

我们应用的所有负载组合 (>1450) 的平均值用于获得 ETA 认证的 PSU 平均 PF 分数。

$$= \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \quad (\dots)$$

保持时间

保持时间表示电源在没有输入功率的情况下能够维持 ATX 规范定义的输出规定的时间,通常以毫秒为单位。简而言之,保持时间是系统在电源中断期间能够继续运行而不关闭或重新启动的时间。ATX 规范直到 v3.0 将最大连续输出负载下的最小保持时间设置为 17 毫秒。ATX v3.1 将最小保持时间改为 12 毫秒,但我们将我们的性能算法中保留增加的保持时间

17毫秒。

$$= \dots \quad (\dots)$$

电源就绪信号

根据 ATX 规范,PWR_OK 是“电源良好”信号。因此,电源应将该信号置为 5V 高电平,以指示 +12V、5V 和 3.3V 输出在调节阈值内,并且 APFC 转换器存储了足够的主电源能量,以保证至少 17ms 的连续电源运行符合规范。相反,当 +12V、5V 或 3.3V 输出电压中的任何一个低于其欠压阈值,或者主电源断电时间足够长,以至于无法保证电源运行时,PWR_OK 应取消置为 0V 低电平状态。此外,交流电损耗到 PWR_OK 的最小保持时间设置为 16ms,比保持时间短,

ATX 规范还设置了 PWR_OK 无效到直流损耗的延迟,该延迟应大于 1ms。这意味着在任何情况下,交流损耗到 PWR_OK 的保持时间应低于 PSU 的总保持时间,这确保在任何情况下,当 +12V、5V 和 3.3V 电压轨中的任何一个超出规格时,电源都不会继续发送电源良好信号。

考虑到以上所有情况,当 PWR_OK 信号高于保持时间时,PSU 的电源正常信号会报告错误,我们的整体性能计算算法会扣除性能点数。PWR_OK 信号的保持时间也必须至少比实际保持时间低 1ms,以便在电压轨超出规格之前为系统关闭提供足够的时间。

如果 PWR_OK 信号准确,我们使用以下公式:

$$= \frac{(\text{---} - \text{---}) - (\text{---} - \text{---})}{\text{---}}$$

这里有三种情况:

- PWR_OK_Hold_up_time 恰好比 Hold_up_time 低 1ms,因此结果为零,意味着总体得分没有差异。
- PWR_OK_Hold_up_time 与 Hold_up_time 相差大于 1ms,所以结果对总体得分是有利的。
- PWR_OK_Hold_up_time 高于 (Hold_up_time - 1ms)周期,因此从总分中扣除分数。

需要注意的是,这个公式中,我们不会扣掉 PWR_OK 保持时间小于 16ms 的分数,因为在 Eq10 中,我们已经扣除了 PWR_OK 保持时间小于 17ms 的分数,而在 Eq11 中,也涉及到了保持时间。而保持时间与 PWR_OK 保持时间密切相关。

容量

当您直接比较 400W 设备的负载调节、效率或纹波读数与 1500W 型号的负载调节、效率或纹波读数时,这种比较是不公平的。

例如,当查看 40W 负载下的电压调节时,400W PSU 的调节范围为 360W (= 400W - 40W)。但是,在测试 1500W 型号时,它更为重要:1460W (= 1500W - 40W)。自然,容量较小的单元很可能会记录更好的电压调节或纹波,因为差异很大。因此,我们添加了一个标准化来纠正问题。该因素直接来自每个单元的额定功率。

$$= \frac{\text{---}}{(\text{---})}$$

PSU 时序

为了满足替代睡眠模式,开机时间 (T1)需要低于150ms,

而 PWR_OK 延迟 (T3) 必须在 100-150ms 范围内。此外,T3 最小时间不得快于 100ms。所有满足上述条件的设备都有奖励

要求,并且具有高于 16ms 的 AC 损耗至 PWR_OK 保持时间以及高于 1ms 的 PWR_OK 无效至 DC 损耗延迟。我们在两种不同的负载水平 (20% 和 100%)下进行 T1 和 T3 测量。在这两种情况下,每个 PSU 都需要满足上述要求。

$$\begin{aligned} &< && \& (> && \& < &&) \\ &&& \& && - && \geq \\ &&& \& && - && \geq \\ &&& && - && - && = \end{aligned}$$

PSU 保护

每个电源都应配备适当的保护方案,使其即使在恶劣的条件下也能安全运行,不会损坏或对其供电系统造成任何故障。

所有重要电源轨 (+12V,5V 和 3.3V)的过流保护 (OCP) 以及过功率保护 (OPP) 都需要设置在可接受的范围内,并且不要太高。当这些保护设置过高时,PSU 可能会在正常温度下生存,但有一个好的

在更高的工作温度下,它有发生故障的几率。此外,高温下电路会承受很大的压力,因此应适当设置 OCP 和 OPP 触发点。事实上,PSU 必须承受高功率尖峰,通常来自 GPU 和高时钟 CPU,但同时,其保护功能应确保其组件能够胜任任务且不会过载。根据我们迄今为止的经验,单个 +12V 导轨 PSU 的 OCP 和 OPP 触发点应设置在各自标称值的 130% 以内。对于具有多个 +12V 导轨的 PSU,我们将允许范围增加到 135%。

过温保护 (OTP) 是每个电源最重要的保护功能之一。大多数 PSU 故障都是由于工作温度过高造成的,因此必须有一个正常工作的 OTP,该 OTP 应根据平台的特性进行设置。通常,在具有半无源操作的 PSU 中,OTP 的设置略高于缺乏无源功能的 PSU。

PWR_OK 信号对于 PSU 保护功能至关重要。不过,我们已经在 Eq10 中考虑了它,因此无需再次提供奖励。

短路保护 (SCP):如果发生输出短路,根据 ATX 规范,定义为任何小于 0.1 欧姆的输出阻抗,PSU 应关闭。唯一的例外是 5VSB 导轨,此时 PSU 已处于待机模式。一旦 5VSB 的短路被移除,PSU 应恢复运行,不会出现任何问题。

浪涌和浪涌保护 (SIP) 非常重要,PSU 应配备正确的部件以包含这两种保护。通常,浪涌保护通过

MOV (金属氧化物压敏电阻)。相比之下,浪涌保护涉及 NTC 热敏电阻,通常由旁路继电器支持,以提高保护级别。

风扇故障保护至关重要,因为如果 PSU 的风扇停止运转,其内部温度可能会达到临界水平。在过热保护启动之前(如果有的话),PSU 的部件当然会承受很大的压力,因此它们的使用寿命将受到很大影响。

任何 PSU 都应该有风扇故障保护功能,这就是我们决定为其提供奖励的原因,以推动所有制造商实施它。

对于下列每种情况,我们都将提供加分。

- 0.25 奖励:+12V、5V 和 3.3V 的 OCP 处于电源轨各自最大额定容量的 130% 以内,无论是出厂时还是通过软件(如果 PSU 允许软件控制)。对于具有多个 +12V 电源轨的 PSU,我们允许高达 135% 的 OCP 触发点。
此奖励适用于上述任何一条电源轨,并且是独立的,这意味着 PSU 的 OCP 可能超过 12V 限制,但在次要电源轨上的 OCP 限制范围内。在这种情况下,它将获得两条次要电源轨的 OCP 奖励。
- 0.25 奖金:OPP 在 130% 以内,无论是从工厂还是通过软件。
- 0.25 奖励:OTP 通常在次级散热器或次级侧温度低于 190 摄氏度时关闭 PSU
- 0.25 奖金:所有轨道上的 SCP。经过长时间的重复的 SCP 评估测试。
- 0.25 奖励:PSU 应配备 MOV 或 TVS 二极管(或组合两个都)
- 0.25 奖励:PSU 应配备 NTC 热敏电阻和旁路继电器
- 0.25 奖金:PSU 应该具有风扇故障保护功能

如果 PSU 在上述条件下的保护功能评估测试中失败(例如,负载在其最大额定容量的 130% 以内或次级侧温度低于 190 摄氏度),则导致 PSU 故障的相应类别将不会获得任何分数。另一方面,满足上述所有要求的 PSU 将获得 1.75 分

加分。

总体绩效评分计算

现在我们已经计算了上述所有因素,是时候将它们结合起来计算最终的性能评级 (13)。同样,我们取 100 作为满分,减去结果 (1-11),最后考虑容量 (12) 和 PSU 时序和保护功能加分。

$$= 100 - \sum_{i=1}^{11} \text{结果}_i + \text{容量} + \text{PSU 时序和保护功能加分}$$

(13)的结果是该单位的总体绩效评级。

总体绩效评分计算示例

示例 A

在此示例中,我们将使用具有 115V 输入的Wentai Aidan T1616 :

$$\begin{aligned}
 &= 1.2 \cdot 0.3 + 0.6 (1.48 + 2.4) + 0.3 \cdot 2.44 = 0.36 + 2.328 + 0.732 \\
 &= 3.42 () \\
 &= 0.08 \cdot 27.46 + 0.04 (10.28 + 12.88) + 0.02 \cdot 14.44 = 2.1968 + 0.9264 + 0.2888 \\
 &= 3.412 () \\
 &= 2 \cdot 0.49 + 0.2 (1.63 + 3.05) + 0.1 \cdot 1.54 + 0 = 0.98 + 0.936 + 0.154 \\
 &= 2.07 () \\
 &= 1.25 (0.12 + 0) = 0.15 () \\
 &= 0.8 (100 - 92.713) = 5.8296 () \\
 &= 0.03 (100 - 77.432) = 0.67704 (2%) \\
 &= 0.1 (100 - 82.381) = 1.7619 (5) \\
 &= 6 \cdot 0.0404641 = 0.242785 () \\
 &= 50 (1 - 0.99) = 0.5 () \\
 &= 0.15 (17 - 26.2) = -1.38 () \\
 &= 0.15 (25.2 - (26.2 - 1)) = 0 () \\
 &= 0.4 \left(\frac{1616}{100} \right) = 6.464 ()
 \end{aligned}$$

ATX v3.x 兼容性奖励:0

PSU 时序奖励:0 (因为在 20% 负载测试中 T1 > 150ms,并且在两个测试中 T3 > 150ms)

PSU 保护奖励:OCP:0.25 (因为 12V4 OCP > 135% 和 5V OCP > 130%。仅 3.3V OCP < 130%) ,OPP:0.25 (130% 以内) ,OTP:0.25 (<190°C) ,SCP:0.25,MOV:0.25,NTC 热敏电阻和继电器:0.25

$$\begin{aligned}
 \text{绩效评级} &= 100 - 3.42 - 3.412 - 2.07 - 0.15 - 5.8296 - 0.67704 - 1.7619 - \\
 &0.242785 - 0.5 - (-1.38) - 0 + 6.464 + 0 + 0 + 1.5 = 91.280675
 \end{aligned}$$

示例 B

在此示例中,我们将使用输入电压为 115V 的Corsair AX1600i :

$$\begin{aligned}
 &= 1.2 \cdot 0.24 + 0.6 (0.9 + 0.3) + 0.3 \cdot 1.32 = 0.288 + 0.72 + 0.396 \\
 &= 1.404 (= \quad) \\
 &0.08 \cdot 10.33 + 0.04 (6.24 + 14.98) + 0.02 \cdot 6.62 = 0.8264 + 0.8488 + 0.1324 \\
 &= 1.8076 () \\
 &= 2 \cdot 0.64 + 0.2 (1.4 + 2.87) + 0.1 \cdot 1.28 + 0 = 1.28 + 0.854 + 0.128 \\
 &= 2.262 (\quad) \\
 &= 1.25 (0 + 0.024) = 0.03 (\quad - \quad) \\
 &= 0.8 (100 - 92.221) = 6.2232 (\quad) \\
 &= 0.03 (100 - 78.233) = 0.65301 (\quad 2\%) \\
 &= 0.1 (100 - 81.807) = 1.8193 (\quad 5 \quad) \\
 &= 6 \cdot 0.0457394 = 0.274436 (\quad) \\
 &= 50 (1 - 0.992) = 0.4 (\quad) \\
 &= 0.15 (17 - 26.7) = -1.455 (\quad - \quad) \\
 &= 0.15 (24.5 - (26.7 - 1)) = -0.18 (\quad - \quad) \\
 &= 0.4 (\frac{1600}{100}) = 6.4 (\quad)
 \end{aligned}$$

ATX v3.x 兼容性奖励:0

PSU 时序奖励:0 (因为在 20% 负载测试中 T1 > 150ms,并且在两个测试中 T3 > 150ms)

PSU 保护奖励:OCP:0.50 (由于 12V 不超过 135% 且 3.3V 低于 130%,5V 为零分) ,OPP:0.25 (130% 以内) ,OTP:0.25 (<190°C) ,SCP:0.25,MOV:

0.25,NTC热敏电阻和继电器:0.25

$$\begin{aligned}
 \text{绩效评级} &= 100 - 1.404 - 1.8076 - 2.262 - 0.03 - 6.2232 - 0.65301 - 1.8193 - \\
 &0.274436 - 0.4 - (-1.455) - (-0.18) + 6.4 + 0 + 0 + 1.75 = 94.911454
 \end{aligned}$$

测试报告范例

DUT INFORMATION		DUT SPECIFICATIONS	
Brand	Corsair	Rated Voltage (Vrms)	100-240
Manufacturer (OEM)	Electronics	Rated Current (Arms)	18-9
Series	AXI	Rated Frequency (Hz)	50-60
Model Number	AX1600 (Sample #3)	Rated Power (W)	1600
Serial Number	1742956000049040027	Type	ATX12V
DUT Notes	Balanced Profile	Cooling	140mm Fluid Dynamic Bearing Fan (NR140P)
		Semi-Positive Operation	✓ (selectable)
		Cable Design	Fully Modular

POWER SPECIFICATIONS						
Rail		3.3V	5V	12V	5VSB	-12V
Max. Power	Amps	30	30	133.3	3.5	0.8
	Volts	180		1600	17.5	9.6
Total Max. Power (W)		1600				

CABLES AND CONNECTORS					
Modular Cables					
Description	Cable Count	Connector Count (Total)	Gauge	In Cable Capacitors	
ATX connector 20+4 pin (500mm)	1	1	16-22AWG	Yes	
4+4 pin EPS12V (650mm)	2	2	16AWG	Yes	
6+2 pin PCIe (650mm)	6	6	16-18AWG	Yes	
6+2 pin PCIe (680mm+100mm)	2	4	16-18AWG	Yes	
SATA (450mm+110mm+110mm+110mm)	3	12	18AWG	No	
SATA (550mm+110mm)	2	4	18AWG	No	
4-pin Molex (450mm+100mm+100mm)	3	9	18AWG	No	
FDD Adapter (+105mm)	2	2	20AWG	No	
USB Mini to Motherboard Header Cable (+800mm)	1	1	24-28AWG	No	
AC Power Cord (1400mm) - C19 coupler	1	1	14AWG	-	

All data and graphs included in this test report can be used by any individual on the following conditions:

- It should be mentioned that the test results are provided by Cybernetics.
- The link to the original test results document should be provided in any case.

PAGE 1/14

Cybernetics offers the ETA and Lambda voluntary certification programs, through which the efficient and silent power supplies are promoted.

www.cybernetics.com • info@cybernetics.com
4004 MESA GERONIA, LIMASSOL, CYPRUS

结语

本文旨在解释我们进行效率和噪声测量时所遵循的方法,ETA 和 LAMBDA 认证就是由此而来。此外,我们希望分享我们在多次 PSU 评估后获得的知识,并帮助其他实验室获得适当的设备和相应的 ISO 认证 (17025),证明所有程序都将得到详细遵循并根据我们的标准进行测试。

除了全面了解我们的效率和噪声方法之外,我们决定再迈出 (重大)一步,更新并展示我们的整体性能算法。通过此算法,人们可以对任意数量的电源进行高度详细的比较,除了纯粹的性能之外,还考虑所有关键因素,包括保护功能。

开发该算法是一项艰巨的任务,我们将根据我们随着时间的推移收集的新数据和经验继续更新该算法。尽管如此,我们计划在 Beta 评估中使用该算法。我们还将与一些媒体/评论网站分享它,包括

[硬件破坏者](#)帮助他们提供更准确的比较结果。

参考

- [1] IEEE Std 1515-2000, IEEE 电子电源系统推荐实践:参数定义、测试条件和测试方法。
- [2] IEC 62301:2011,家用电器 - 待机功率测量。
- [3] IEC 60950-1 Ed 2.0,信息技术设备 - 安全 - 第 1 部分:通用要求,2005 年 12 月。
- [4] 适用于台式机平台外形的电源设计指南,修订版 002,2018 年 6 月,英特尔公司。
- [5] 服务器系统基础设施 (SSI) 电源设计指南 (可在 <http://www.ssiforum.org/> 上找到),英特尔公司。
- [6] ATX 维基百科: https://en.wikipedia.org/wiki/ATX#ATX_power_supply_derivatives。于 19/3/20 访问。
- [7] 总谐波失真维基百科: https://en.wikipedia.org/wiki/Total_harmonic_distortion。于 22 年 4 月 30 日访问。
- [8] ISO/IEC 17025:2017,检测和校准实验室能力的通用要求,2017 年 11 月。
- [9] ISO 7779: 2018 - 声学 - 信息技术和电信设备发出的空气噪声的测量。
- [10] ISO 11201:2010 (E) - 声学 - 机器和设备发出的噪声 - 在忽略环境修正的情况下,测定反射平面上基本自由场中的工作站和其他指定位置的发射声压级。
- [11] ECMA-74 (第 17 版) - 信息技术和电信设备发出的空气噪声测量 - ECMA International.2019 年 12 月。
- [12] ATX 3.0 版多轨台式机平台电源: <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/>。2024 年 9 月 11 日访问。
- [13] ATX 3.1 版多轨台式机平台电源: <https://edc.intel.com/content/www/us/en/design/ipla/software-development->

[平台/客户端/平台/alder-lake-desktop/atx-version-3-0-multi-rail-desktop-platform-电源设计指南/2.0/2.1a/](#)。于24年9月11日访问。