



LED 灯具的功率测量

目录

1. 前言..... 2
2. LED 灯具的功率和发光效率..... 2
3. 测量仪器..... 3
4. 数字示波器的测量方法..... 4
5. 数字功率计的测量方法..... 9
6. 最后..... 10

日本日亚化学工业株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

491 Oka, Kaminaka-Cho, Anan-Shi, TOKUSHIMA 774-8601, JAPAN

Phone: +81-884-22-2311 Fax: +81-884-21-0148

1. 前言

近年来，随着 LED 灯具的出现，照明领域发生了革命性的变化。传统的白炽灯、荧光灯灯具等正在逐渐被 LED 灯具所替代。并且随着白色 LED 的发光效率的增高，各灯具制造商正在不断推出高发光效率的 LED 灯具。

因为在 LED 灯具的设计中，功率（发光效率）的设计非常重要。所以在本应用指南中，将对 LED 灯具的功率的测量方法和各测量仪器使用中的注意事项进行介绍。

2. LED 灯具的功率和发光效率

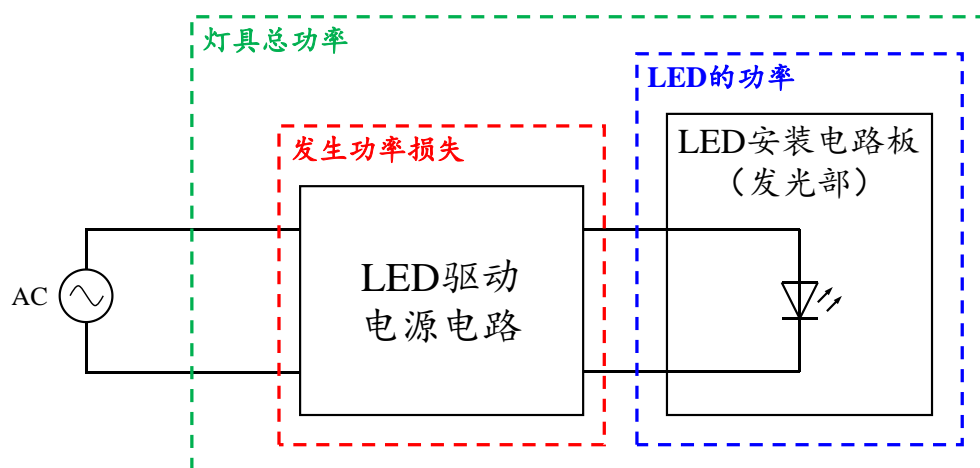
LED 灯具包括内置电源和外置电源两种。

内置电源的灯具由 LED 安装电路板（发光部）和电源转换电路（从商用交流电源转换为适合 LED 灯具的直流电源）构成。

电源转换电路包括最常用的 AC/DC 电源电路，也包括只进行整流的简单电路。但是不管使用哪种电路，在 AC/DC 转换及电压水平变换等时都会发生功率损失。

整个灯具消费的总功率等于 LED 消耗的功率 加上驱动电源电路的功率损失。而电源电路损失的功率越多，整个灯具的总功率就会越高，发光效率越小。

因此在选择 LED，进行 LED 灯具的电路设计前必须要明确电源电路的功率损失。



$$\text{※ 灯具总功率} = \text{电源电路的功率损失} + \text{LED 功率}$$

图 1. LED 灯具 构成例

3. 测量仪器

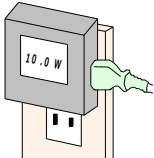



测量电流、电压等电学特性的方法有很多，各种测量方法都有其优点和缺点。测量仪器也多种多样，下表 1 中介绍了部分主要的测量仪器。

本应用指南将主要对数字示波器和数字功率计的测量方法进行了介绍。

另外请注意在本应用指南中介绍的测量方法只是针对一般机种。在实际使用中必须根据机种使用适当的测量方法，否则可能损坏测量仪器甚至发生触电等事故。

请在测量中严格按照各测量仪器的操作说明书进行。

表 1 电学特性测量仪器

测量仪器 <small>※照片为参考例</small>	优点	缺点
简易电力计 	<ul style="list-style-type: none"> · 测量简单 · 价格便宜 · 便于携带 	<ul style="list-style-type: none"> · 只能测量功率不能测量电压和电流值 · 因为价格便宜，部分产品的测量精度较低
数字万用表 	<ul style="list-style-type: none"> · 操作方法简单 · 部分万用表可以携带 · 部分万用表可以测量电阻等 	<ul style="list-style-type: none"> · 不能测量交流电源的有效功率（可以测量有效电压和电流，但是不能测量功率因数） · 在测量电流时，需要切断电路
数字示波器 	<ul style="list-style-type: none"> · 可以对特性波形进行确认 · 可以通过特性波形演算出功率和功率因数 	<ul style="list-style-type: none"> · 价格高 · 不便携带
数字功率计 	<ul style="list-style-type: none"> · 表示出电压、电流、功率、功率因数等数值，容易确认 · 可以对功率累计值，及随时间发生的功率变化等进行确认 	<ul style="list-style-type: none"> · 配线连接很复杂 · 价格高 · 不便携带

4. 数字示波器的测量方法

4.1. 数字示波器

数字示波器是用波形表示出电压值和电流值的测量仪器。

以前使用较多的是带显像管的模拟示波器，但是最近都逐渐被带液晶显示屏的数字储存示波器所代替。数字示波器在 AC/DC 转换中将输入的电压信号直接转换为数字数据内存，另外测量的特性波形也可以作为数值被取出。因此可以对有效值和平均值进行计算，另外也可以同时测量电压和电流，并由此计算出功率和功率因数。

4.2. 数字示波器和探头的选择

4.2.1. 数字示波器

在选择示波器时，必须对表 2 中的项目进行确认。

表 2. 示波器一般规格

项目	选择方法
通道数	是指可以同时测量的通道数。测量功率时需要同时对电压和电流波形进行测量，所以至少需要 2 通道以上的通道数。
频宽	是指示波器容许输入信号的频率宽度。在测量高频率信号或上升时间短的信号时频宽的大小非常重要。通常情况下要求频宽是被测信号的最高频率的 5 倍以上。大多数较便宜的示波器的频宽也在数十 MHz 以上，相对商业电源频率的 50~60Hz 没有问题。
取样率	是指输入信号的采样频率，单位是样品数 / 秒。通常情况下，样品数也最好有被测信号的最高频率的 5 倍以上。如果是商业电源频率的 50~60Hz，没有问题。
绝缘/非绝缘	通常情况下，示波器的筐体（机架接地）没有和各通道的 GND 端子绝缘，处于通电状态。因此如果基准电位和接地、通道间的电位不同，在测量时可能损坏测量仪器，甚至引起触电。为了在电位不同的情况下也能安全测量，最好使用在通道之间和通道一接地之间绝缘的特殊示波器（如通道隔离示波器等）。

4.2.2. 电流探头

如果使用 AC 探头，可能不能准确对直流和商用电源等低频率范围进行测量，因此最好使用可以测量直流和高频率范围的 AC/DC 探头。在选用探头时，注意不让所测电流值超过探头的绝对最大额定值和波峰电流。

另外如果测量的电流值较小，应该选用解析度好的探头。



图 2. 电流探头例

4.2.3. 高压差分探头

如果示波器不是通道隔离式的示波器，可能在测量中损坏示波器，甚至发生触电等。

这时如果使用差分（隔离）探头，可以在示波器机体和其他通道之间、及通道之间处于绝缘隔离的状态下进行测量。



图 3. 高压差分探头例

4.3. 数字示波器的使用方法

在本章中将对数字示波器的基本使用方法进行解说。但是关于详细的操作方法，请参照明示波器和探头的操作说明书。

4.3.1. 校正（探头校正）

为了取得准确的测量值，必须定期对示波器和探头进行校正。

4.3.2. 探头的设定

示波器上附属的电压探头的衰减系数通常为 10: 1。而电流探头等特殊探头的衰减系数多种多样，因此在使用时，必须在示波器的通道设定中对电流探头的衰减系数进行正确设定。如果衰减系数不一致，不能取得正确的测量值，所以在连接探头时必须对衰减系数进行确认。

电流探头在长期使用下，探头的磁芯会被磁化，导致测量值不正确。所以必须定期对剩磁进行消磁。部分探头可以在没有电流流入到测量对象中时，按下消磁按键进行消磁。

4.3.3. 轴范围的设定

纵轴范围设定时，在波峰不会露出到画面外的情况下尽量放大波峰。

另外在设定中不让纵轴范围过大，否则会使波峰形状不明，数值不正确（如图 5）。也不能让范围过小，否则波峰可能露出到画面外，测量值不准确（如图 6）。

横轴（时间轴）范围的设定中，让画面中表示出数周期的波峰。如果波峰数较少，会不能表示出正确的波形，测量值也不准确（如图 7）。

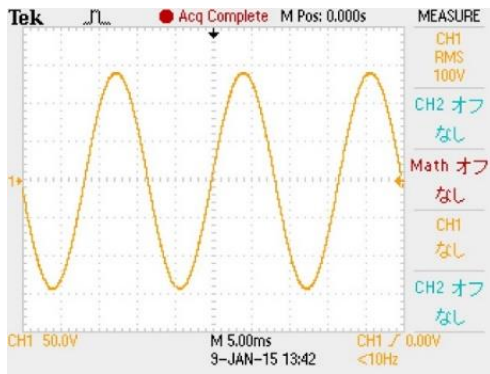


图 4. 正常波形 (AC100V/60Hz)

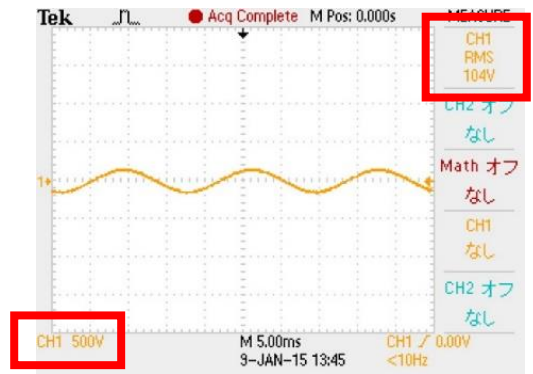


图 5. 纵轴范围大

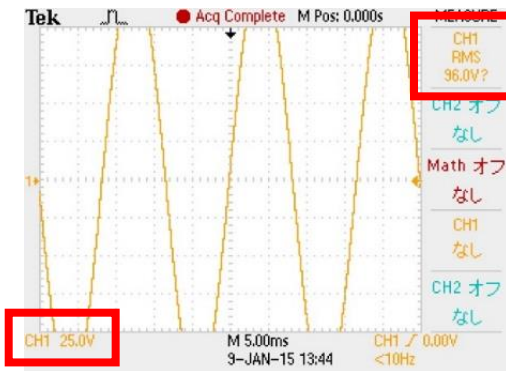


图 6. 纵轴范围小

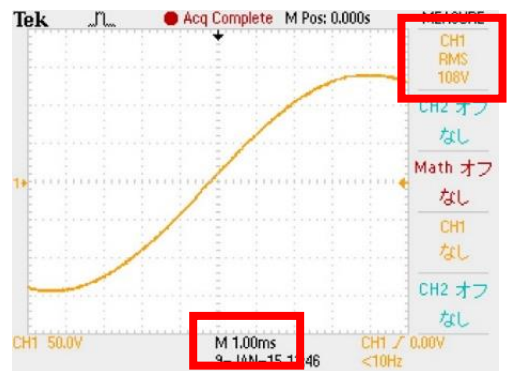


图 7. 横轴范围小

4.3.4. 触发条件设定

数字示波器将读入的电压信号进行 A/D 转换后对数字数据进行储存。在数据的储存量到达一定程度后，新波形逐渐代替旧波形，使交流电源波形等呈周期性变化，而在交流电源波形更新的左右移动中可能出现波形不安定的情况。因此在数据读取时需要使用触发功能，对读入的数据进行控制，显示出有意义的波峰，从而获取功率等电学特性。

需要设定的触发条件如表 3 所示。

如果不能正常触发，可以通过变更触发位准或其他项目（波形检出条件）来进行调整。可以正常触发时，设定“触发位准”和“触发水平刻度”，示波器会在同时满足以上 2 个条件时发生触发，由此获取到安定的波形（如图 8）。

表 3. 触发设定条件

项目	备考
触发项目	指定在怎样形状的波形下发生触发事件。 触发项目包括边沿、视频和脉宽的 3 种。如图 8 所示，通常的交流电源使用“边沿”的进行测量。
触发源	指定希望发生触发的通道。
斜率	如果触发项目是“边沿”，指定是“上升沿”或是“下降沿”。 选择后，示波器会在触发位准下波形呈上升沿或下降沿的时候，和设定的水平刻度相同时发生触发事件。
触发位准	指定发生触发事件的位置（时间轴）。 需要对触发前后的波形进行重点确认时，可以对波形进行左右调整。
触发水平刻度	指定发生触发的电压水平刻度。 如果波形的电压和设定的水平刻度相同，发生触发，获取波形。

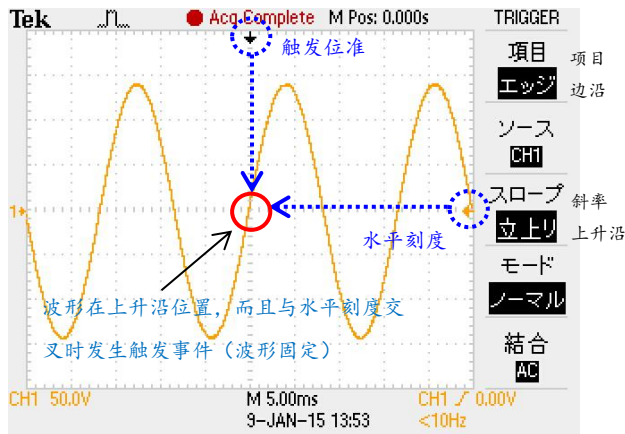


图 8. 被正常触发的波形

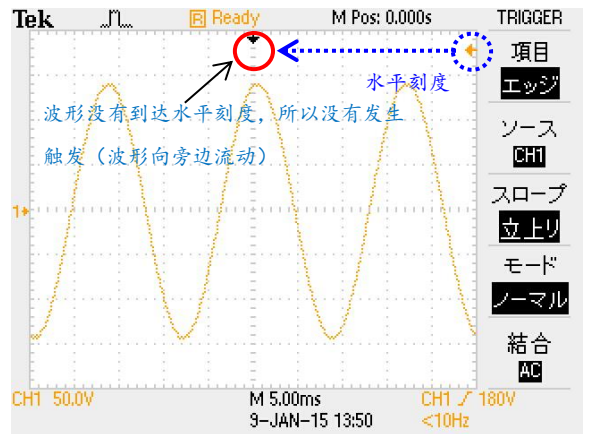


图 9. 没有被触发的波形

4.4. 率测量流程

本章中将对使用数字示波器对交流电源的功率测量方法进行介绍。

4.4.1. 示波器的连接例

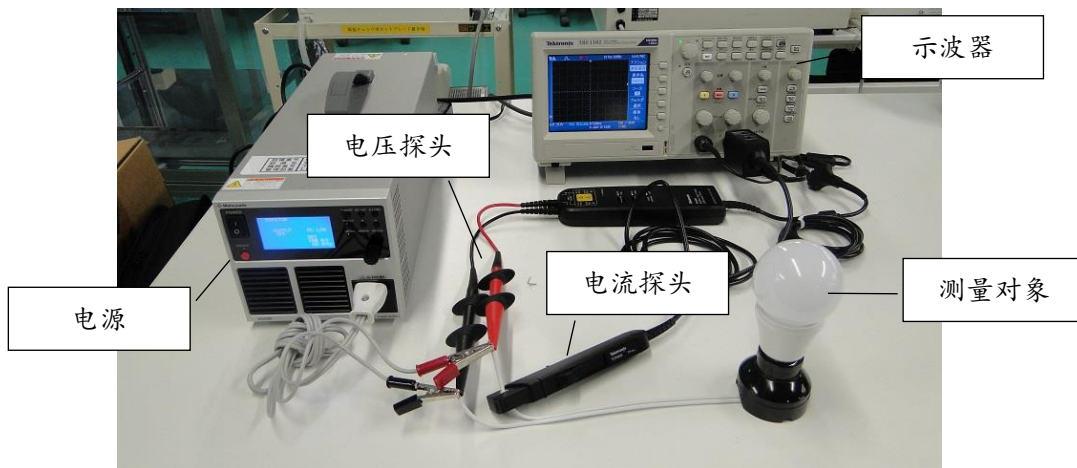


图 10. 功率测量 连接例

4.4.2. 有效电压和电流的测量

有效电压和电流按照计算方程式 1 和 2 进行计算。

示波器在设定的取样条件下，将获取的瞬间数据储存起来，因此根据示波器的测量数据，可以计算、表示出实效值。另外因为示波器可以输出测量的数据数值，所以也可以使用电子表格进行计算。

这时如果获取的波形周期较少，可能导致取得的数值不准确，所以应该放大时间轴的范围，增加读入的波形周期。（读取范围最好是波形周期的倍数整数）

方程式 1: 实效电压 (V) = $\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt}$ ※ v(t)=瞬间电压值、 T= 周期 (数据样品数)

方程式 2: 实效电流 (A) = $\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt}$ ※ i(t)=瞬间电流值、 T= 周期 (数据样品数)

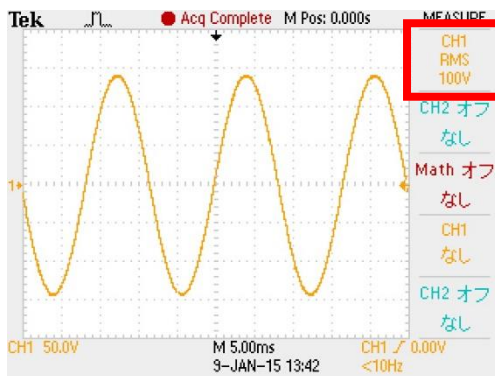


图 11. 数字示波器的实效值表示

4.4.3. 有效功率的测量

有效功率可以使用以下的计算方程式进行计算。

使用在此方程式时，可以使用同一时间下测量的电压、电流波形进行计算。

$$\text{方程式 3: 有效電力 (W)} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)i(t)dt \quad \text{※ } v(t)i(t) = \text{瞬间功率、 } T = \text{数据数 (周期)}$$

如果示波器带有演算功能，可以依照以下流程在示波器的画面上计算、表示出数值数据。另外也可以使用数值通过电子表格进行计算。

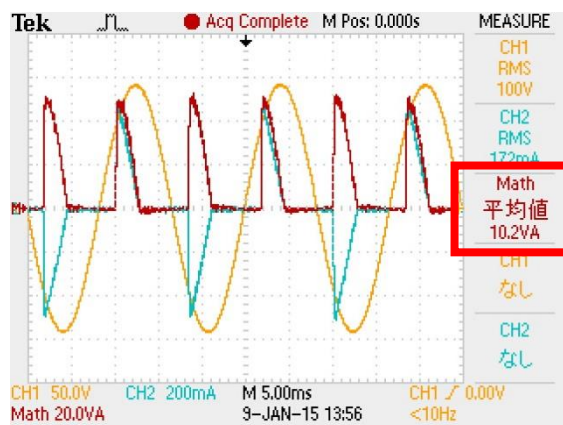


图 12. 数字示波器的有效功率测量

CH1	—	: 电压
CH2	—	: 电流
Math	—	: CH1×CH2 (瞬间功率)

- 1) 使用波形演算功能取得的电压波形和电流波形的乘积（瞬间功率），表示出“Math”的波形。
- 2) 进行演算后，表示出“Math”波形的平均值。

⇒ 所得到的数值为有效功率

4.4.4. 视在功率和功率因数

通常的从交流转换为直流的电源，电路中包括的电容和线圈的电抗使电压和电流发生相位差，相位差会造成交换功率的损失，发生无效功率。而无效功率和有效功率（灯具实际使用的功率）的和被称为视在功率。因为不是实际使用的功率，所以也被称为表观功率。（如方程式 4）

因为视在功率可以通过方程式 5 进行计算，所以可以根据 4.4.2. 中的测量到的实效值计算出视在功率。

功率因数是指相对视在功率的有效功率的比例（如方程式 6）。这个数值越大，越接近 1（100%），也就是说这个电源越理想。

另外灯具中实际消费的功率只包括有效功率，即使功率因数不佳，无效功率大，灯具的消费功率也不会增加。但是供电设备等的额定功率根据视在功率设定的，所以如果使用功率因数不佳的电源会给供电设备增加负担。

因此有时会使用 PFC（功率因数校正）来改善功率因数。

$$\text{方程式 4: 视在功率 (VA)} = \text{有效功率 (W)} + \text{无效功率 (var)}$$

$$\text{方程式 5: 视在功率 (VA)} = \text{有效电压 (V)} \times \text{有效电流 (A)}$$

$$\text{方程式 6: 功率因数} = \text{有效功率 (W)} / \text{视在功率 (VA)}$$

4.5. 电源效率和发光效率

对 LED 驱动电源电路的输入端和输出端的消费功率进行测量后，可以计算出电源电路的功率损失和转换效率。（如方程式 7 和 8）

另外根据灯具状态下测量的光通量和输入功率（灯具消费功率）的比可以得到灯具的发光效率。如果要确认 LED 的发光效率，应该除去造成光学损失的透镜、外壳等光学零部件，测量电路板安装状态下（只安装有 LED）的光通量和输出功率（LED 电路板的功率），计算出 LED 的发光效率。（如方程式 9 和 10）

因此在对 LED 评价时，应该对只安装有 LED 的电路板进行测量和评价。但是如果 LED 安装电路板上安装有电阻等可能损失功率的部件，也应该考虑到损失的功率。

方程式 7: 电源功率损失 (W) = 输入功率 (W) - 输出功率 (W)

方程式 8: 电源转换效率 (%) = (输出功率 (W) / 输入功率 (W)) × 100

方程式 9: 灯具发光效率 (lm/W) = 灯具光通量 (lm) / 输入功率 (W)

方程式 10: LED 发光效率 (lm/W) = LED 电路板光通量 (lm) / 输出功率 (W)

5. 数字功率计的测量方法

5.1. 数字功率计

功率测量仪器中，既包括有便宜且测量简单的仪器，也包括有高价、多功能和精度高的仪器。

在本章中将对第 3 章中介绍的数字功率计的测量方法进行介绍。第 3 章中介绍的数字功率计可以对瞬间的有效电压、有效电流、消费功率、功率因数等进行测量、表示。

部分数字功率计也可以对波峰值、波峰因数、THD（总谐波失真）等进行测量，因此在选择数字功率计时，应该根据需求选择精度高的测量仪器。

5.2. 数字功率计的使用方法

5.2.1. 电路例

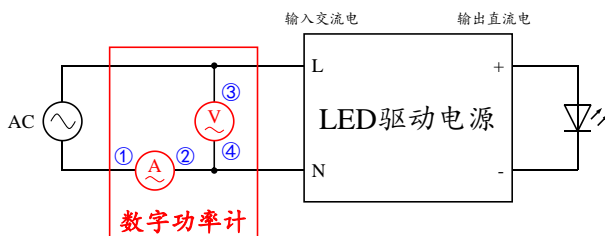


图 13. 灯具消费功率（电源输入端）

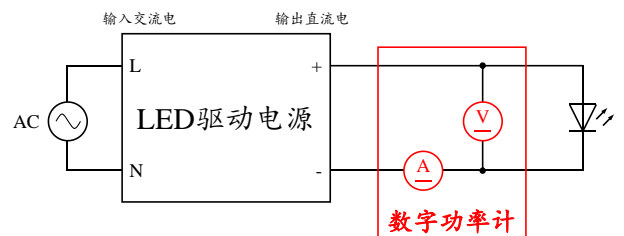


图 14. LED 消费功率（电源输出端）

5.2.2. 连接例 (灯具消费功率测量时)



图 15. 连接例

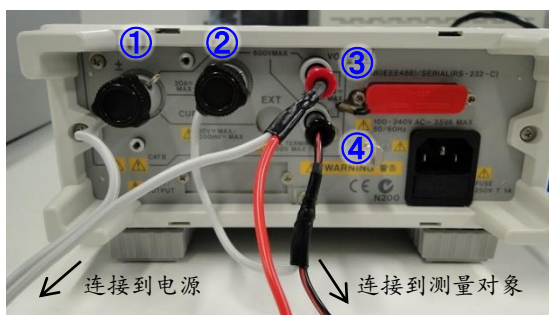


图 16. 端子连接部

5.2.3. 测量结果例



图 12. 测量结果画面

如图 12，数字功率计会显示出测量结果的数值。在图 12 上表示的是 A：有效电压、B：有效电流、C：有效功率（消费功率），另外也可以表示出视在功率（VA）和功率因数（PF）等数值。

6. 最后

本应用指南中介绍了示波器和数字功率计的使用方法。但是因为功率测量仪器多种多样，请根据测量项目和条件选择合适的测量仪器。

免责声明

本应用指南由日亚提供，是日亚制作及管理的技术参考资料。

在使用本应用指南时，应注意以下几点。

- 本应用指南中的内容仅供参考，日亚并不对其做任何保证。
- 本应用指南中记载的信息只是例举了产品的代表性能和应用例，并不代表日亚对日亚及第三者的知识产权及其他权利进行保证，也不代表同意对知识产权授权。
- 关于本应用指南内容，虽然日亚有注意保证其正确性，但是日亚仍然不能对其完整性，正确性和有用性进行保证。
- 因本应用指南的利用、使用及下载等所受的损失，日亚不负任何责任。
- 本应用指南的内容可能被日亚修改，并且可能在变更前、后都不予通告。
- 本应用指南的信息的著作权及其他权利归日亚或许可日亚使用的权利人所有。未经日亚事先书面同意，禁止擅自转载、复制本应用指南的部分或所有内容等（包括更改本应用指南内容进行转载、复制等）。