

## a) 电子测量的基础概念

电子线路测量中，电压和电流是最基本的参量，对它们的测量是最基本的测量，其它的测量很多都以二者为基础。

电压的定义是对电路结构中的两点来定义的，只有载流子在从一点到另一点的运动过程中的电势能发生变化时，两点之间的电压差才非零。所以电压对两点才有意义，对电压的测量一定是对两点的测量，一定是将电压表并联在电路中使用。

电流是对一个面积分得到的，单位时间内流过这个面的载流子的电荷数的度量被称为电流。从电路拓扑的角度看，电流是对电路结构中的一点来说的，即单位时间内通过这一点的电荷数的度量被称为电流。所以，电流对一点有意义，对电流的测量相当于观察这个点，对电流的测量一定是对一点的测量，对电流的测量一定是将电流表串联到电路中使用。

电压有直流电压和交流电压两种。在所关心的测量时间内，直流电压表示两端电压恒定的高低关系，就是说其中一端对另外一端总是高的，或总是低的；交流电压表示两端电压时变的高低关系，就是说两端电压的高低关系是随时间不断变化的。

当两点之间的电压保持恒定不变时，宏观上可以定义这两点之间的直流电压，只要一个值就可以完整地描述电压。而当两点间不能保持电压恒定不变时，从宏观上对电压的描述有多种，分别描述它们不同方面的特性。下面只考虑用得最多的周期信号的描述。

峰峰值 $V_{pp}$  (Peak to Peak)。峰峰值是指一个周期内信号最高值和最低值之间差的值，就是最大和最小之间的范围。它描述了信号值的变化范围的大小。

峰值 $V_p$  (Peak)。峰值是指一个周期内信号最高值或最低值到平均值之间差的值。一般来说，峰值对上下对称的信号才有定义。可以看到，峰值等于峰峰值的一半。

有效值/均方根值 $V_{rms}$  (Root Mean Square)。是指在一个周期内对信号平方后积分，再开方平均，如公式 2.1 所示。有效值的意义是：在一个周期内做功的大小等于与该值相等的直流电压所做功的大小。

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt} \quad 2.1$$

\* 设 T 为信号的周期，下同。

平均值 $V_{avg}$  (Average)。指信号在一个周期内的平均值。用公式表示为式 2.2。

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad 2.2$$

对于正负对称的信号来说，平均值显然为零，有时规定这时的平均值为全波整流之后的平均值，即公式 2.3 的定义。

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T |f(t)| dt \quad 2.3$$

实际中经常会用到有效值和平均值的转换，定义一个信号的有效值与平均值之比为波形系数，即公式 2.4。

$$K_F = \frac{V_{rms}}{V_{avg}} \quad 2.4$$

显然，信号的类型不同，波形系数也不同。考虑最常见的正弦信号，其波形系数为：

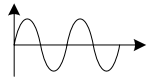

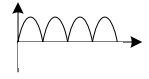


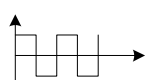
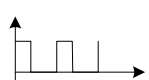
$$K_F = \frac{V_{rms}}{V_{avg}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}}{\frac{1}{T} \int_0^T |f(t)| dt} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11$$

定义一个信号的峰值与有效值之比为波峰系数，即公式 2.5。

$$K_p = \frac{V_p}{V_{rms}} \tag{2.5}$$

下表给出常见波形的一些参数。

表2.0.1. 常见波形及基本参数

波形名称	波形图	有效值	平均值	波形系数	波峰系数
正弦波		$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$	$\sqrt{2}$
半波整流的正弦波		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{\pi}{2}$	2
全波整流的正弦波		$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$	$\sqrt{2}$
三角波		$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$
锯齿波		$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$
方波		1	1	1	1
脉冲*		$\sqrt{\frac{\tau}{T}}$	$\frac{\tau}{T}$	$\sqrt{\frac{T}{\tau}}$	$\sqrt{\frac{T}{\tau}}$

\* 规定脉冲的周期是  $T$ ，脉冲宽度为  $\tau$

\*\* 为简便处理和比较方便，规定所有信号的峰值都为 1

在知道波形系数和波峰系数之后，对特定信号可以很容易的进行不同值之间的转换。实际上，有些仪表就利用了转换的原理。但从定义和上表可以看到，不同类型信号的转换的系数是不一样的，所以在使用中，应当注意。

参照以上各种电压值的定义，可以给出各种电流值的定义。

从频谱分析的角度看，无论是直流电压，还是交流电压都可以将其分解为直流分量和不同的频率分量的叠加。如公式 2.6、

2.7、2.8:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-jn\omega t} \quad 2.6$$

$$f^2(t) = b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} b_n e^{-jn\omega t} \quad 2.7$$

$$|f(t)| = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{-jn\omega t} \quad 2.8$$

不同的值的定义，其实就是对信号进行不同变换之后得到的系数 $a_n$ 、 $b_n$ 、 $c_n$ ，或其简单计算的结果。

实验之中会大量的测到各种波形的参数，下图给出波形各种参数的定义

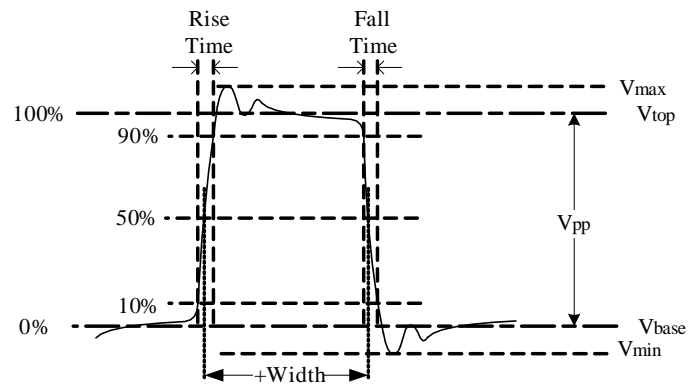


图 2.0.1 波形参数的定义