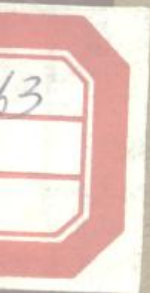


脉冲的形成

中国科学院
电子学研究所



电子学研究所图

脉冲的形成

B.B. 古塞夫 著

姚承业 译



目 录

前言	.....
限幅器	.....
限幅器概述	.....
二极管限幅	.....
多极管限幅	2
寄生电容对限幅器工作的影响	.....
限幅时隔直流电容器上的电压 (寄生偏压)	.....
微分电路和积分电路	.....
微分电路和积分电路的基本概念	.....
用 RC 微分电路形成尖头脉冲	4
寄生参数对微分电路工作的影响	55
冲击激励电路	63
电流陡变对电路的激励	63
常用的带冲击激励电路的线路	70
脉冲形成线路	82
尖头脉冲组的形成	82
比例脉冲的形成	84
矩形脉冲的形成	91

脉 冲 的 形 成

B.B. 古 塞 夫 著

姚 承 业 译



科学出版社

目 录

前言	.....
限幅器	.....
限幅器概述	.....
二极管限幅	.....
多极管限幅	2
寄生电容对限幅器工作的影响	.....
限幅时隔直流电容器上的电压（寄生偏压）	.....
微分电路和积分电路	.....
微分电路和积分电路的基本概念	.....
用 RC 微分电路形成尖头脉冲	4
寄生参数对微分电路工作的影响	55
冲击激励电路	63
电流陡变对电路的激励	63
常用的带冲击激励电路的线路	70
脉冲形成线路	82
尖头脉冲组的形成	82
比例脉冲的形成	84
矩形脉冲的形成	91

前言

随着电视、雷达、多路通讯、脉冲测量以及脉冲控制系统的发展，形成了一个新的无线电技术领域——脉冲技术。

脉冲技术研究产生和变换电脉冲、以及有关此类脉冲的控制和测量的问题。

所谓电脉冲（图1）就是在一短暂的时间内●不同于零值或某一恒定值的电流（或电压）。

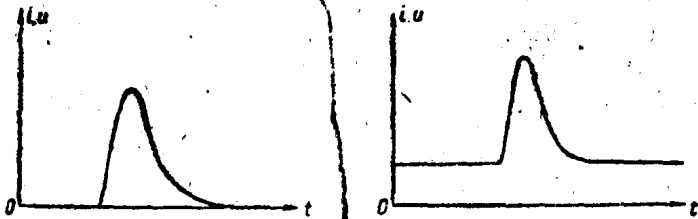


图1 电脉冲。

图2所示为电压脉冲及用以表征此类脉冲的基本参数。

脉冲作用时间内，电压（或电流）的最大值称为脉冲的幅值（ U_m ）。

脉冲内电压（或电流）增长和下降的部分分别称为前沿和后沿。由于在实际的电脉冲中很难精确地判定前后沿的边界，因而它们的宽度 τ_1 和 τ_2 通常都依照一定的电平计算出来。一般取相当于脉冲幅值5%的电平为下电平，相当于幅值95%的电平为上电平。有时此两电平选得分别等于幅值的10%和

● 所谓“短暂的时间”通常可视为于所论电路中的稳定过程的延续时间。

——原注

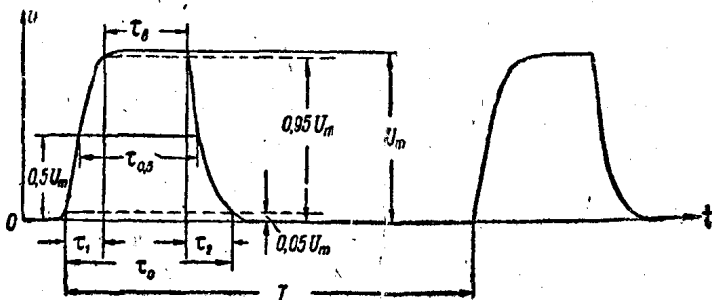


图 2 电压脉冲及其主要参数。

90%。

下电平上的脉冲宽度 τ_0 称为底部宽度，而上电平上的脉冲宽度 τ_r 则称为顶部宽度。有时脉冲宽度依幅值的 50% 的电平计算 ($\tau_{0.5}$)。

如果脉冲每隔一定时间间隔重复出现，那么由前一脉冲某点至次一脉冲上相应点的时间数，称为脉冲重复周期 (T)。

一秒钟内重复出现的脉冲数，称为脉冲重复频率 (F)。脉冲重复频率为脉冲重复周期的倒数

$$F = \frac{1}{T}。$$

脉冲周期性的序列通常用工作比 K ——脉冲底部宽度与脉冲重复周期的比

$$K = \frac{\tau_0}{T}$$

来表征。

在大多场合下，运用脉阔系数这一概念来代替工作比。脉

阔系数 K_c 就是脉冲间隔与脉冲宽度的比

- 时间间隔应大于所论电路的稳定过程的延续时间；因为由前一脉冲引起的瞬变过程必须在次一脉冲开始作用前结束。——原注

$$K_c = \frac{T - \tau_0}{\tau_0} \circ$$

如果脉冲宽度甚小于脉冲重复周期，那么脉闊系數便近似于工作比的倒数

$$K_c \approx \frac{1}{K} \circ$$

脉冲的波形取决于脉冲的用途，其种类极其繁多。最广泛运用的是矩形脉冲、梯形脉冲和三角形脉冲。应当说明的是实际上脉冲絕不会是矩形、梯形或三角形，只是具有上述几何形状而已。

矩形脉冲是前后沿宽度比脉冲宽度小得多（小至数十分之一）的脉冲（图3）。

如果脉冲顶部宽度近于零，那么这样的脉冲便称作三角形脉冲（图4）。

顶部宽度不近于零，前后沿宽度与脉冲宽度相近的脉冲，称为梯形脉冲（参看图2）。

用途最广的是矩形脉冲，这种脉冲可使大多数脉冲装置的工作，达到甚为精确的程度。不过实践中不可能得到理想的矩形脉冲。实际线路中任何脉冲的增长和下落都必须经历一段时间，也就是说，所谓矩形脉冲，事实上也仍是梯形的。当脉冲

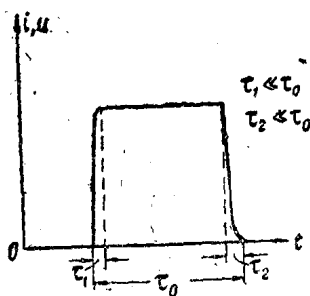


图3 矩形脉冲。

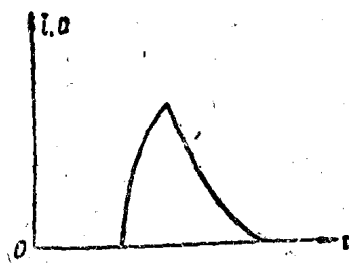


图4 三角形脉冲。

宽度：数微秒或十分之几微秒，脉冲形成线路的稳定过程与脉冲宽度在时间上数值相仿时，上述情形就格外明显了。

在谈到脉冲的时候，往往要援用“视频脉冲”^①和“无线电脉冲”这两个概念。

视频脉冲（图 5 a）就是单向的电流（或电压）脉冲。

无线电脉冲（图 5 b）就是正弦波高频电流（或电压）脉冲。无线电脉冲可以视同于用视频脉冲对高频振荡进行调制的结果。

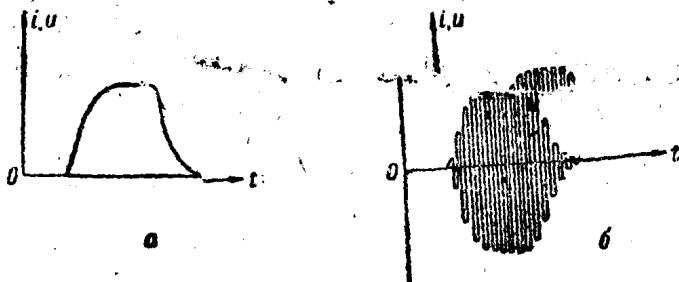


图 5 视频脉冲(a)及无线电脉冲(b)。

在脉冲的实际运用中，还要援用不同波形的辅助电压：矩形的、锯齿形的（图 6）等等。这些电压用于形成脉冲、测量脉冲以及其他的目的。

本书中将谈到形成脉冲和辅助电压的一些基本方法。

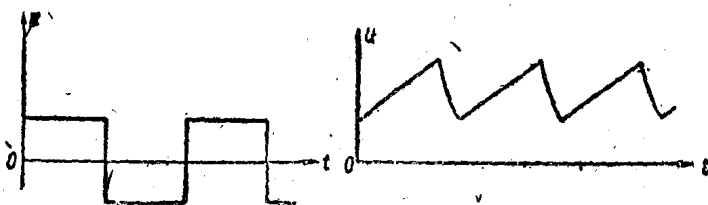


图 6 矩形电压和锯齿形电压。

① 视频脉冲（导源于拉丁文“video”——“视”——词）在电视中称作图象脉冲。——原注

限幅器

限幅器概述

限幅器(图7)就是一种非线性的四端网路,这种网路的输出电压 u_2 只在输入电压 u_1 未达电平 E 时随 u_1 成线性变化,而当 u_1 超过 E 值时,便保持不变。

上述电平 E 称为限幅电平。由于限幅器的工作状态和线路的不同,限幅电平的数值和符号也各有不同。



图7 限幅器(非线性四端网路)。

图8所示为说明上限限幅式限幅器工作的输入电压和输出电压的瞬时波形图。从波形图可以看出,当电压 u_1 高过电平 E 时,电压 u_2 就保持不变。此外, u_2 的波形则随 u_1 的变化而

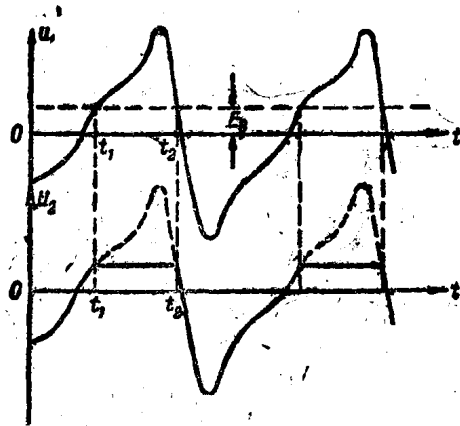


图8 上限限幅时输入电压与输出电压的瞬时波形。

变化。此种限幅，称为上限限幅或最大值限幅。

如果输出电压在输入电压低于电平 E_H 时保持不变，那末这时的限幅称为下限限幅或最小值限幅。下限限幅时的瞬时波形表如图 9。电压 u_2 在低于零值的电平 E_H 上受到限幅，而电压 u'_2 则在高过零值的电平 E'_H 上受到限幅。

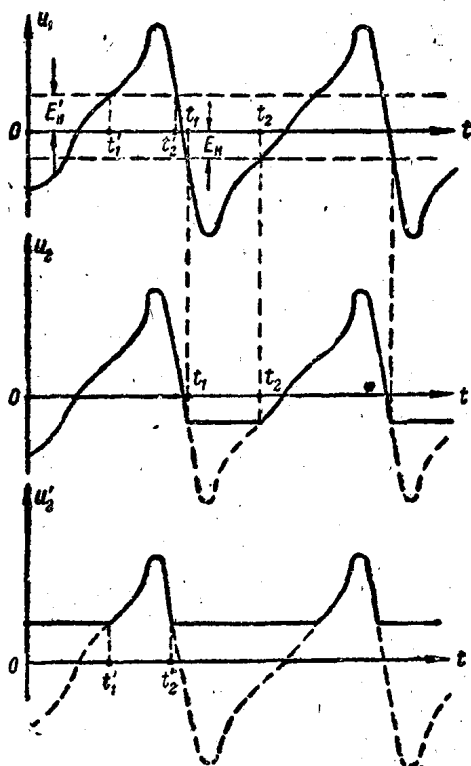


图 9 下限限幅时输入电压与输出电压的瞬时波形。

如果输入电压高过电平 E_H 和低于电平 E_H 时，输出电压都不再变化（图 10），那么此时的限幅称为双边限幅，或上限和下限限幅。

在脉冲技术中，限幅器用以由正弦波电压形成矩形电压脉冲，用以析出规定极性的脉冲以及改进脉冲波形等。

限幅器的性能可用其特性曲线——输出电压同输入电压的关系曲线

$$u_2 = f(u_1)$$

来表征。

上限限幅、下限限幅和双边限幅的限幅器的理想特性曲线，分别表如图 11 a, б, в。在图 11 б 上特性曲线 ABC 表示限幅电平 E_H 低于零值时的下限限幅的情形；曲线 DEC 则表示限幅电平 E_H' 高于零时的下限限幅的情形。

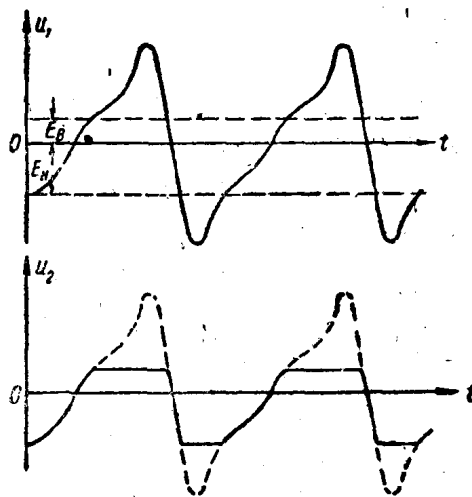


图10 双边限幅时输入电压和输出电压的瞬时波形。

根据上述曲线，如果已知输入电压 $U_1 = f(t)$ 的变化规律，就不难绘出输出电压的波形。当输入端加有正弦电压时，上限

● 此特性曲线可通过实验方法或图解法绘制之。——原注

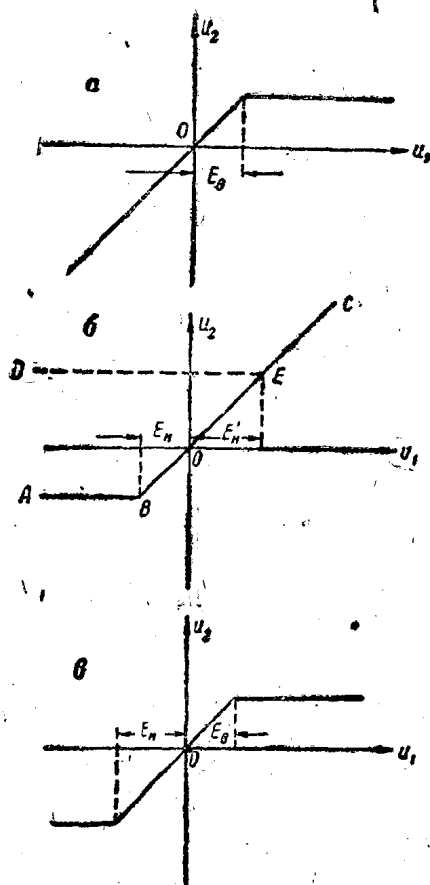


图11 限幅器的理想特性曲线:

a —上限限幅; $б$ —下限限幅; $в$ —双边限幅。

限幅输出电压的波形绘制表如图12。

为获得不同的限幅特性, 可以相应地运用二极管、多极管或半导体仪器 (晶体二极管和三极管) 来作为限幅器。

用半导体管装成的限幅器的工作, 原则上与一般电子管限幅器同。所以在此后的研讨中只谈及电子管限幅器。

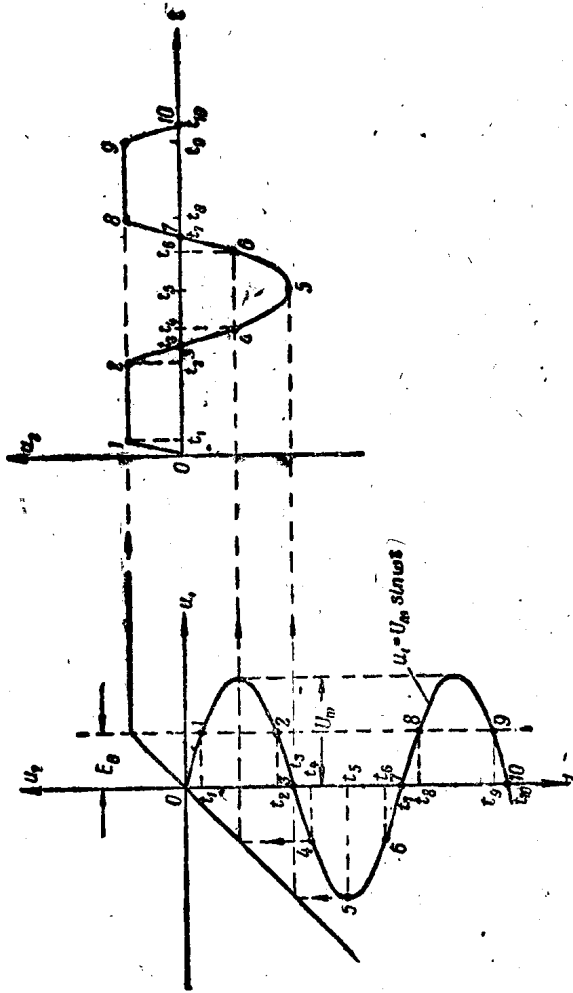


图12 限幅器输出电压的绘制。

由于所用管子的型式、管子的接法和工作状态不同，限幅的种类亦有如下的分别：

- 串联二极管限幅；
- 并联二极管限幅；
- 栅极限幅；
- 板极下限限幅；
- 板极上限限幅。

二极管限幅

二极管限幅器（图 13）为由二极管 A 以及电阻 R 所组成的串联电路，在这种电路的输入端加有受限幅的电压 u_1 。电压 u_2 由电阻 R （图 13 a）或二极管 A （图 13 b）上接出。在前

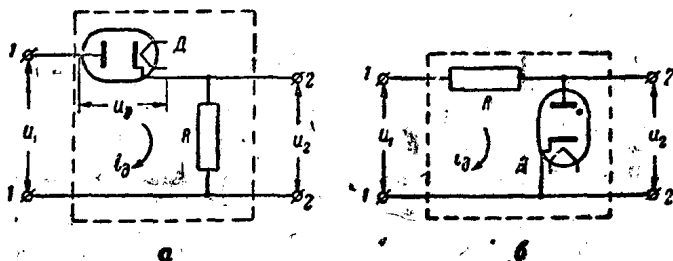


图13 二极管限幅器：

a—串联线路；b—并联线路。

一种情况中，接有输出电压的负载与二极管串联；这种线路因此便称为串联二极管限幅线路。第二种情况中，负载与二极管并联，线路则称为并联二极管限幅线路。

二极管限幅器的作用基础是，二极管只当板阴间的电压 (u_A) 为正时才能导电。二极管电流与输入电压的关系（二极管特性）表如图 14。就大多数二极管来说，上述关系近于线

性，亦即二极管的电阻

$$R_{\pi}^{(+)} = \frac{u_{\pi}}{i_{\pi}}$$

近似一常数。

为测定电阻 $R_{\pi}^{(+)}$ ，可以直线线段（图 14 中虚线）代替二极管的特性，确定某一电压值 u'_{π} ，求出相应于此电压的电流值 i'_{π} 。

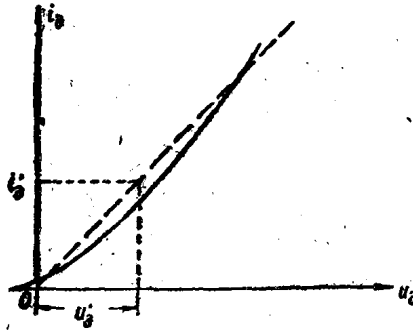


图 14 二极管的特性曲线。

这时，就一般的二极管来说，电阻 $R_{\pi}^{(+)} = \frac{u'_{\pi}}{i'_{\pi}}$ 为 300~500 欧姆。

如果二极管板阴间的电压为负，二极管的电流为零，因而二极管电阻则为无穷大 ($R_{\pi}^{(-)} = \infty$)。

如果在图 13 a, b 所绘的限幅器线路中，用等效电阻 R_{π} 代二极管，那末根据此种等效电路便能更容易了解二极管限幅器的工作原理了。

对于串联二极管限幅线路（图 15 a）来说，根据欧姆定律●

● 为了便于分析，假定输入电压振荡器的内阻等于零，2-2 两端间的负载电阻则为无穷大。——原注

$$u_2 = \frac{u_1}{R + R_A} R = \frac{1}{1 + \frac{R_A}{R}} u_1$$

在限幅器中电阻 R 选择得较导电时的二极管电阻 ($R_A^{(+)}$) 大许多倍。因此当二极管导电时

$$\frac{1}{1 + \frac{R_A^{(+)}}{R}} \approx 1,$$

亦即, 输出电压约略等于输入电压。实际中由于通过二极管时产生压降, 输出电压总要比输入电压为小。

当二极管截止时, 其电阻 $R_A^{(-)} = \infty$, 同时

$$\frac{1}{1 + \frac{R_A^{(-)}}{R}} = 0,$$

那么输出电压 $u_2 = 0$ 。

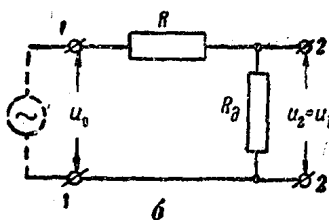
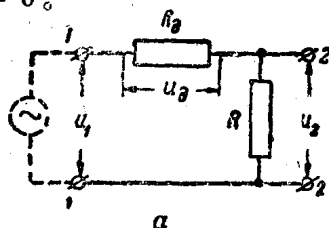


图15 二极管限幅器等效线路:

a —串联线路; b —并联线路。

用以说明串联二极管限幅线路工作的瞬时波形图, 表如

图16。