

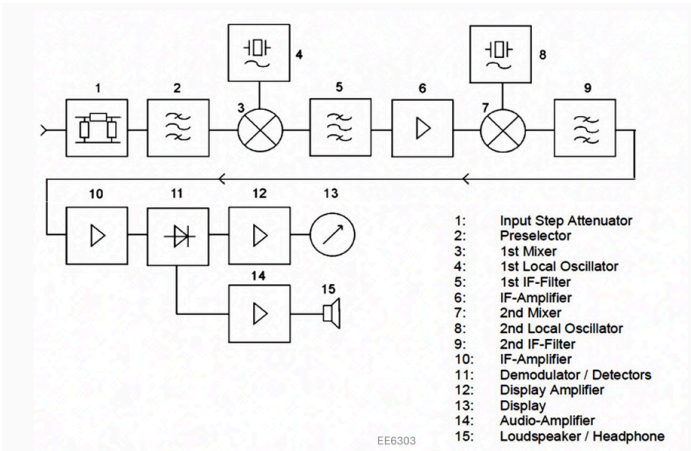
EMI接收机

EMI接收机用于测量EUT的辐射

检波器：QP、PK、RMS、AV

| Frequency range | 3dB Bandwidth |
|--------------------------|---------------|
| 9kHz to 150kHz (Band A) | 200Hz |
| 150kHz to 30MHz (Band B) | 9kHz |
| 30MHz to 300MHz (Band C) | 120kHz |
| 300MHz to 1GHz (Band D) | 120kHz |
| 1GHz to 18GHz (Band E) | 1MHz |

CISPR 16-1-1提供了关于EMI接收机的数据



EMI接收机的框图

根据EMI接收机的框图可以看出，这是一台二次变频类型的接收机

窄带信号

3dB带宽小于接收机3dB带宽的信号（要求信号的载波与接收机的接收频率相同）

一般是CW连续波、调制后且带宽小于接收机带宽的CW连续波信号

宽带信号

带宽大于接收机3dB带宽的信号

窄脉冲（冲激函数）、时钟信号（谐波分量多，频谱图为sinc函数的包络）、UWB脉冲（超宽带脉冲）

（这后面的图我没看懂，也不知道他在讲什么。好像也不是卷积效应）

检波器

接收机的检波器一般用来测量目标信号的功率或者电压

对于没有调制的信号（CW连续波），所有检波器必须输出相同的RMS值

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A^2 \cos^2(\omega t) dt} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

类型

Peak Detector(PK)

Quasi Peak Detector(QP)

Root Mean Square Detector(RMS)

Average Detector(AV)

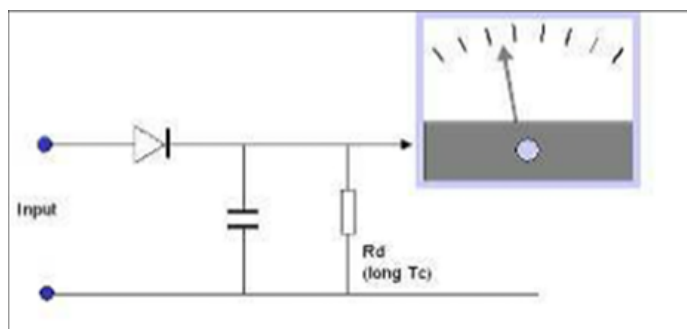
Peak Detector

充电的时间常数极小

放电的时间常数非常长

显示的是与脉冲重复无关的峰值

显示出的最大幅度：PK>QP,RMS



峰值检波器电路

R_d 用来提供极大的放电时间常数

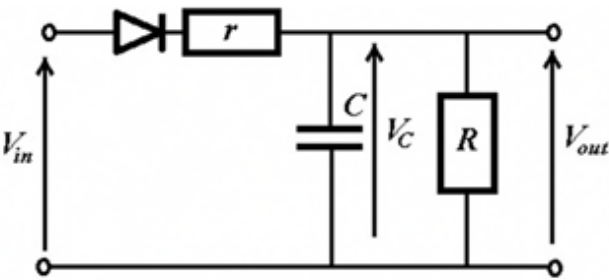
充电特性



输出电压曲线

对于理想二极管，它没有内阻，所以电容两端的电压会瞬间充电到 V_{in}

对于真实的二极管，它有内阻 r ，充电时会有一段上升时间（忽略二极管压降）



真实的电路图

电容两端的电压（ $0 \leq t \leq \tau_{\text{Pulse Width}}$ ）：

$$v_C = V' \frac{R}{R+r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_C}}\right)$$

V' 在第一个脉冲时等于 V_{in}

其中

$$\tau_C = \frac{rRC}{R+r} \approx rC$$

当 $R \gg r$ 时约等于成立

放电特性

$$\begin{cases} v_D = V'' e^{-\frac{t}{\tau_D}} \\ \tau_D = RC \\ V'' = v_C(t = \tau_{PW}) \end{cases}$$

对于 CISPR 16-1-1标准

| Peak Detector (CISPR 16-1-1) | | $\frac{\tau_D}{\tau_C}$ |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Band A | 9kHz to 150kHz | 1.89×10^4 |
| Band B | 150kHz to 30MHz | 1.25×10^6 |
| Band C&D | 30MHz to 1GHz | 1.67×10^7 |
| Band E | 1GHz to 18GHz | 1.34×10^8 |

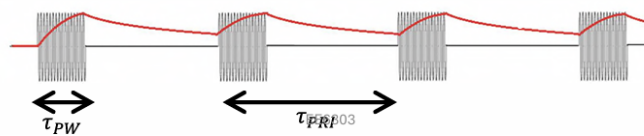
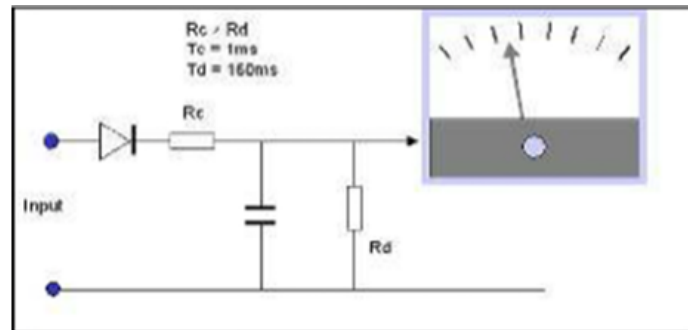
比值

Quasi Peak Detector

准峰值检波器一般用于 $1GHz$ 以上的频率

充电速度快和相对长的放电时间常数

读数受到脉冲重复频率的影响

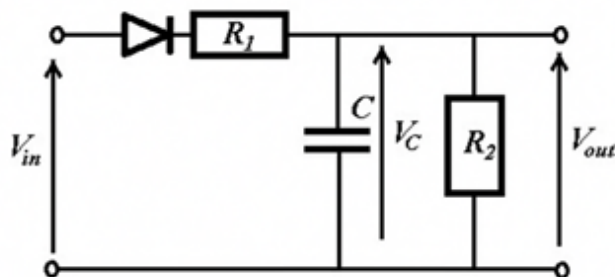


其中

$$\text{Pulse Repetition Frequency} = \frac{1}{\tau_{PRI}}$$

(I大概是Interval的意思?)

输出电压的方程 (与峰值检波器类似, 只是充电电阻相比非常大):



以脉冲开始为原点算充电特性: $0 \leq t \leq \tau_{PW}$

$$\begin{cases} v_C = V' \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_C}}\right) \\ \tau_C = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} \\ V' = v_{in} \end{cases}$$

以脉冲结束为原点算放电特性： $0 \leq t \leq \tau_{PRI} - \tau_{PW}$

$$\begin{cases} v_D = V'' \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_D}}\right) \\ \tau_D = R_2 C \\ V'' = v_C(\tau_{PW}) \end{cases}$$

QP检波器的输出收到脉冲宽度和脉冲间隔的影响（PPT上的图还挺详细的，不写了）

测试装备

天线

天线的增益一般描述的是远场特性

但是EMI的测量一般在近场进行：

空间限制

设备发出的辐射信号较弱

辐射抗扰度测试需要强电磁场

对于EMI测试，我们一般在电场或者磁场测量接收到的电压，而不是发射和接收功率：

所以有一套全新的描述天线特性的参数：

Antenna Factor (AF)

Transmit Antenna Factor (TAF)

Antenna Factor

$$AF = \frac{E}{V_L} m^{-1} = 20 \log_{10} \frac{E}{V_L} \text{dB}/m$$

这个描述的是电场在**接收**天线的**负载**上产生单位电压的情况。很明显这边假设的是极化与天线是匹配的，并没有考虑极化损耗。天线系数越小，相同电场强度的情况下接

收到的电压越高。

Rod Antenna

$$AF@20\text{kHz} = 75\text{dB}/m$$

$$AF@20\text{MHz} = 25\text{dB}/m$$

如果电场强度为 $1V/m$ 的话，天线接收到的电压为：

20kHz:

$$V = \frac{E}{AF} = E(\text{dB}) - AF(\text{dB}/m) = \frac{1}{10^{75/20}} = 0 - 75 = -75(\text{dBV}) = 0.17\text{mV}$$

20MHz:

$$V = \frac{E}{AF} = E(\text{dB}) - AF(\text{dB}/m) = \frac{1}{10^{75/20}} = 0 - 25 = -25(\text{dBV}) = 56.23\text{mV}$$

Transmit Antenna Factor

$$TAF = \frac{E_{1m}}{V_t} m^{-1} = 20\log_{10} E_{1m} - 20\log_{10} V_t (\text{dB}/m)$$

其中 E_{1m} 是发射天线在1m处测量到的场强， V_t 是发射电压。TAF越大，产生的电场强度越大。

对于同一个天线，AF和TAF不一样

对数周期天线

对数周期天线可以在很宽的频率上产生强电场。

ATR 26M6G from ATR worldwide covers from 26MHz to 6GHz. (某种广告)

如果输入功率为10W，频率22MHz，1m处产生的场强为10V/m，可以计算得到：

假设是50欧负载，输入天线的电压为：

$$V = \sqrt{P \times Z_0} = 22.360V$$

所以

$$TAF = \frac{10}{22.360} = 0.45m^{-1}$$

用dB做法也可以：

$$22.360V = 26.989\text{dBV} = 146.989\text{dB}\mu V$$

$$10V/m = 20\text{dBV} \cdot m^{-1} = 140\text{dB}\mu V \cdot m^{-1}$$

$$TAF = -6.989\text{dB}/m$$

环形天线 (磁场天线)

感应电压(Induced Voltage):

$$V_i = -n \frac{d\Phi}{dt} = 2\pi f n A B$$

n 为线圈匝数, f 为频率, A 为线圈的截面积, B 为磁感应强度。

AF_H 和 AF_B

$$AF_H = \frac{H}{V_L} S/m = \frac{1}{2\pi f n A \mu_0}$$

$$AF_B = \frac{B}{V_L} = \frac{\mu H}{V_L} \text{Tesla}/V$$

$$AF = AF_H \times \eta_0 = \frac{H}{V_L} \times \frac{E}{H} = \frac{E}{V_L}$$

$$AF \text{ (dB}/m) = AF_H \text{ (dBS}/m) + 20\log_{10}(\eta_0)$$

Antenna Example 1 作业形式

$$V_{in} = \sqrt{P \times Z_0} = 50V = 33.9794 \text{ (dBV)}$$

$$\begin{aligned} E_{1m} &= TAF \text{ (dB}/m) + V_{in} \text{ (dBV)} \\ &= 33.9794 - 4 = 29.9794 \text{ (dBV}/m) \end{aligned}$$

$$E_{3m} = E_{1m} \text{ (dBV}/m) - 20\log_{10}(3m) + 20\log_{10}(1m) = 20.436975 \text{ (dBV}/m)$$

$$V_L = E_{3m} \text{ (dBV}/m) - AF \text{ (dB}/m) = 20.436975 - 23 = -2.5630 \text{ (dBV)} = 0.74V$$