
《雷达原理与系统》

实验报告



设计题目：检测概率与单个脉冲信噪比的关系

学院：电子工程学院

专业：电子信息工程

班级：1802015

学号：18029100040

姓名：吴程锴

电子邮件：ckwu1201@163.com

日期：2021年6月8日

成绩：

指导教师：张煜

目录

一、 系统设计任务与功能.....	1
二、 设计原理介绍.....	1
三、 系统实现过程描述、代码介绍与仿真结果分析.....	2
3.1 系统实现过程.....	2
3.2 代码介绍.....	2
3.2.1 Q 函数.....	2
3.2.2 主程序.....	3
3.3 仿真结果分析.....	4
四、 仿真调试体会.....	4

一、系统设计任务与功能

本文使用 MATLAB 根据 Parl 数值积分方法计算检测概率，并比较不同参属下，检测概率的变化规律。

二、设计原理介绍

检测概率是在噪声加信号的情况下信号的包络超过门限电压的概率

$$P_d = \int_{V_T}^{\infty} \frac{r}{\sigma_n^2} I_0\left(\frac{rA}{\sigma_n^2}\right) \exp\left(-\frac{r^2 + A^2}{2\sigma_n^2}\right) dr$$

其中， r 为信号的包络， V_T 为门限电压， σ_n 为信号噪声标准差， $I_0(\cdot)$ 为修正的第一类

零阶贝塞尔函数 $I_0(\beta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp(\beta \cos \varphi) d\varphi$ ， A 为雷达信号的幅度。

若雷达信号为 $A \cos(2\pi f_0 t)$ ，则它的功率为 $\frac{A^2}{2}$ ，单个脉冲信噪比为 $SNR = \frac{A^2}{2\sigma_n^2}$ ，

$\frac{V_T^2}{2\sigma_n^2} = \ln\left(\frac{1}{P_{fa}}\right)$ ，则

$$\begin{aligned} P_d &= \int_{\sqrt{-2\sigma_n^2 \ln(P_{fa})}}^{\infty} \frac{r}{\sigma_n^2} I_0\left(\frac{rA}{\sigma_n^2}\right) \exp\left(-\frac{r^2 + A^2}{2\sigma_n^2}\right) dr \\ &= Q\left[\sqrt{\frac{A^2}{\sigma_n^2}}, \sqrt{-2\ln(P_{fa})}\right] \\ &= Q\left[\sqrt{2SNR}, \sqrt{-2\ln(P_{fa})}\right] \end{aligned}$$

其中， $Q[a, b] = \int_{\beta}^{\infty} \xi I_0(\alpha \xi) \exp(-(\xi^2 + \alpha^2)/2) d\xi$ 。由于 Q 函数的计算十分复杂，多以

Parl 开发了一个简单的算法来近似计算这个积分。

$$Q[a, b] = \begin{cases} \frac{\alpha_n}{2\beta_n} \exp\left(\frac{(a-b)^2}{2}\right) & , a < b \\ 1 - \frac{\alpha_n}{2\beta_n} \exp\left(\frac{(a-b)^2}{2}\right) & , a \geq b \end{cases}$$

其中，

$$\alpha_n = d_n + \frac{2n}{ab} \alpha_{n-1} + \alpha_{n-2}$$

$$\beta_n = 1 + \frac{2n}{ab} \beta_{n-1} + \beta_{n-2}$$

$$d_{n+1} = d_n d_1 = d_1^n$$

$$\alpha_0 = \begin{cases} 1, & a < b \\ 0, & a \geq b \end{cases}$$

$$\alpha_{-1} = 0$$

$$\beta_0 = 0.5$$

$$\beta_{-1} = 0$$

$$d_1 = \begin{cases} \frac{a}{b}, & a < b \\ \frac{b}{a}, & a \geq b \end{cases}$$

三、系统实现过程描述、代码介绍与仿真结果分析

3.1 系统实现过程

根据原理编写好 Q 函数后，为了比较不同参属下，检测概率的变化规律，我将虚警概率 P_{fa} 分别取 10^{-2} 、 10^{-4} 、 10^{-6} 、 10^{-8} ；对于每一个虚警概率，信噪比 SNR 从 0.01 开始，以 0.01 为步长，遍历到 18，计算出所有的检测概率后，画图比较数据。

3.2 代码介绍

3.2.1 Q 函数

Q 函数的编写按照设计原理介绍中的步骤编写即可

```
1. function PD=marcumsq(a,b)
2. max_test_value = 10000;
3. if(a < b)
4.     AlphaN0 = 1;
5.     dn = a / b;
6. else
7.     AlphaN0 = 0;
8.     dn = b / a;
9. end
10. BetaN0 = 0.5;
11. D1=dn;
```

```

12. n=0;
13. ratio = 2/a/b;
14. AlphaN=0;
15. BetaN=0;
16. while(BetaN<max_test_value)
17.     n=n+1;
18.     AlphaN = dn + ratio * n * AlphaN0 + AlphaN;
19.     BetaN = 1 + ratio * n * BetaN0 + BetaN;
20.     AlphaN0 = AlphaN;
21.     BetaN0 = BetaN;
22.     dn = dn * D1;
23. end
24. PD=(AlphaN0 / 2 / BetaN0) * exp(-(a - b)^2 / 2);
25. if(a>=b)
26.     PD=1-PD;
27. end

```

3.2.2 主程序

主程序中需要将虚警概率 P_{fa} 分别取 10^{-2} 、 10^{-4} 、 10^{-6} 、 10^{-8} ；对于每一个虚警概率，信噪比 SNR 从 0.01 开始，以 0.01 为步长，遍历到 18，调用 Q 函数计算出所有的检测概率后，将数据以图的形式呈现。

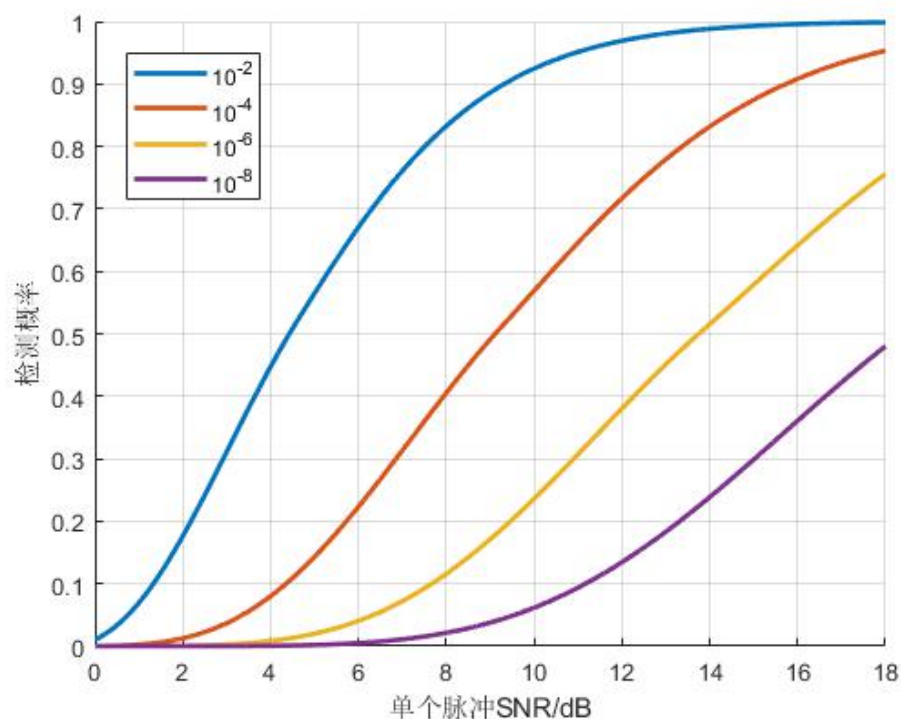
```

1. clc,clear
2. close all
3. SNRSet = 0.01:0.01:18;
4. PfaSet = [10^-2, 10^-4, 10^-6, 10^-8];
5. result = zeros(length(SNRSet),length(PfaSet));
6. figure()
7. hold on
8. grid on
9. box off
10. for j = 1:length(PfaSet)
11.     for i = 1:length(SNRSet)
12.         result(i,j)=marcumsq(sqrt(2*SNRSet(i)),sqrt(-2*log(PfaSet(j))));
13.     end
14.     plot(SNRSet,result(:,j),'LineWidth',2);
15. end
16. legend('10^{-2}','10^{-4}','10^{-6}','10^{-8}','location','best')
17. xlabel('单个脉冲 SNR/dB')
18. ylabel('检测概率')

```

3.3 仿真结果分析

最后程序的运行结果如图表 1 所示



图表 1 检测概率与单个脉冲信噪比的关系曲线

从图表 1 中可以看出，随着信噪比的增大，检测概率逐渐增大，中间增长快，两边增长慢，漏警概率减小；对于同一信噪比，虚警概率越大，检测概率也越大，从而减小了漏警概率。

四、仿真调试体会

这次仿真调试让我更加深入了解了奈曼-皮尔逊准则，并将书本上的知识搬到电脑上，进行仿真、验证，提高了对检测概率与信噪比关系的理解。