二〇二一 ~ 二〇二二 学年　第二学期《微波技术与天线》考试试题

考试日期：2022 年 9 月 4 日　　试卷类型：B　　试卷代号：

班号				学号				姓名			
题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

本题分数	40 分
得　分	

一. 填空题（每题 2 分，共 40 分）：

1. 常用的传输线有矩形波导、圆波导、同轴线、带状线等。其中，主模的电压与电流的定义是唯一确定的传输线有哪些？____________________，相应传输线的主模是_______________。
2. 请说明，影响同轴线主模（TEM 模）特性阻抗的参数主要有哪些？_______________。
3. 均匀无耗传输线特性阻抗为100Ω，当线长度l分别为$\lambda/6$和$\lambda/3$，且终端短路，其输入阻抗分别为_______________和_______________。
4. 传输线特性阻抗为50Ω，终端接负载Z_l，已知传输线上第一个电压波腹点输入阻抗为100Ω，且距离负载$\lambda/3$，则负载处反射系数为_______________。
5. 对于负载阻抗为复数$Z_L = R_L + jX_L$的情况，为了实现到特性阻抗Z_0的阻抗匹配，一种可行的方案是______________________________。
6. 某负载位于史密斯圆图的单位电阻圆上，且在史密斯圆图的下半圆内。为实现阻抗匹配，可直接在负载处__________（填并联或串联）一个__________（填电容或电感）。
7. 如果已确定传输线一点的输入阻抗在史密斯圆图内的位置，如何获得传输线上的驻波比？______________________________。
8. 双端口阻抗参数 Z_{11} 的定义及物理含义为______________________________。Z_{21} 的定义及物理含义为______________________________。
9. 双端口网络输入端反射系数Γ_{in}，输出端负载反射系数为Γ_l，则两者与 S 参数的关系式为______________________________。

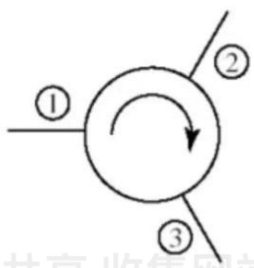
10. 一个二端口网络的 S 参量矩阵为$\begin{bmatrix}0.1 & 0.5\\0.5 & 0.1\end{bmatrix}$，该网络是无耗网络么？____________（填是或否），是对称网络么？____________（填是或否）

11. 两个网络的[A]参量矩阵分别为：$[A_1]=\begin{bmatrix}1 & 1\\0 & 0\end{bmatrix}, [A_2]=\begin{bmatrix}1 & 0\\1 & 1\end{bmatrix}$，求二者级联后网络的[A]参量矩阵[A]=________________________，该网络是否为互易网络____________。

12. 三端口微波器件中，一个理想的威尔金森(Wilkinson)功分器（功率等分）,若从输入端 1 端口输入 1W 的功率，则 2、3 端口输出功率为____________W 和____________W。

13. 若传输线特性阻抗为 50Ω，负载阻抗为 100Ω，则利用 1/4 波长阻抗变换器进行阻抗匹配时，插入的传输线特性阻抗为____________Ω。

14. 如下图所示的理想环形器，请写出其散射矩阵________________________。



15. 试给出以下天线参数定义：天线的功率方向图________________________________；半功率波瓣宽度____。

16. 设某天线归算于输入电流的辐射电阻和损耗电阻分别为$R_r=9\Omega$和$R_l=1\Omega$，则此天线的辐射效率为________________________，若天线增益为$G=18$，则天线方向性系数为___________________________。

17. 给出沿 y 轴方向放置的半波振子天线的场方向图函数_________________________。（用球坐标系中的θ, ϕ的函数表示）。

18. 某均匀直线阵列为边射阵，写出阵元相位差应满足的条件$\xi=$____________________，该边射阵不产生栅瓣的条件是阵元间距 $d<$____________________λ。

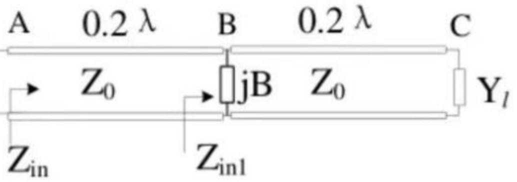
19. 阵轴为 z 轴的 6 元均匀直线阵，相邻阵元间距$d=\lambda/4$，要使得该直线线阵为普通端射阵，相邻阵元的电流相位差$\xi=$_________________________。

20. 无限大导体平面上水平放置的电基本振子天线的镜像为____________（正或负）像。

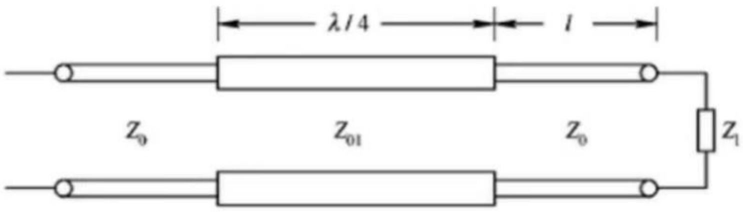
本题分数	60 分
得　　分	

三. 问答计算题：（共 60 分）

1. （12 分）史密斯圆图是微波工程设计中的重要工具，可以以图解方法计算求解传输线上的阻抗、反射系数等物理量，直观而且方便。如图 2 所示，两段传输线 AB 和 BC 级联, 特性阻抗均为$Z_0 = 50\Omega$, 长度均为 0.2 波长。在 B 点处并接一个电纳$jB = j0.01$ s（s 为导纳单位西门子）, C 端接负载导纳$Y_l = 0.02 + j0.04$ s。请借助于史密斯圆图求解：1）B 点和 A 点处的输入阻抗 Z_{in1} 和 Z_{in}；2）BC 和 AB 两段传输线上的驻波比。

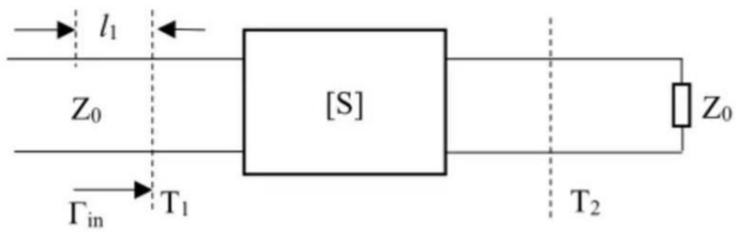


2. （12 分）阻抗匹配是微波工程设计中的基本问题，而史密斯圆图的应用使得阻抗匹配的设计更加直观方便。如图所示，特性阻抗为 200Ω的均匀无耗传输线，终端接有负载$Z_L = 100 + j100$ Ω，用四分之一波长阻抗变换器实现阻抗匹配，试求四分之一波长阻抗变换器的特性阻抗 Z_{01} 及离终端距离 l。（建议部分借助于史密斯圆图）

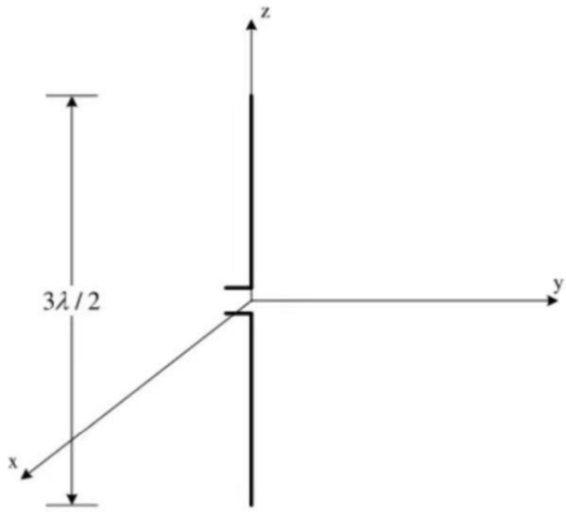


3. （10 分）微波网络的分析与综合是分析和设计微波系统的有力工具，散射参数具有确定的物理意义且可直接测量，因此工程实际广泛使用。设某系统如图所示，T_1 和 T_2 是端口面，该双端口网络为无耗对称网络，在端口面 T_2 处接匹配负载。测得距离 $l_1 = 0.125\lambda_g$ 处为电压波节点，驻波系数为 1.5，根据反射系数（S_{11}）定义，

1. 求该双端口网络的 S_{11} 和 S_{22}；
2. 根据幺正性，结合微波网络的特性推导 S_{11} 和 S_{21} 之间的关系，并求 S_{21}。

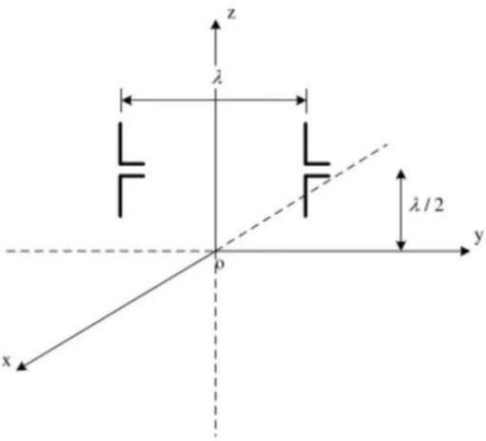


4. （12 分）对称振子广泛应用于雷达、通信、电视和广播等无线电技术设备中，工作频率从短波波段到微波波段。对称振子结构简单，馈电方便，在近距离通信中应用较多，图如为一个长度为$3\lambda/2$的对称振子天线，试写出其电流分布函数并画出振子上的电流分布图，写出其归一化方向性函数$F_n(\theta,\phi)$，并依据方向性函数求其第一零点波瓣宽度 FNBW。



5. （14 分）基站天线是移动通信中不可或缺的设备，其性能好坏直接影响着蜂窝小区的信号覆盖和无线通信质量。通常情况下，基站天线被架设在高处，如铁塔或者楼顶上，如图左所示。地面对天线的辐射特性会产生影响，即存在多径效应。现考虑如图右所示的天线系统，xoy 平面是无限大完纯导电平面，距 xoy 平面半波长处在 yoz 平面内放置两个相距一个波长的半波振子天线，且两天线单元电流振幅相等、相位相同。试计算这一天线系统的总归一化场方向图函数$F_n(\theta,\phi)$和 yoz 平面内的归一化场方向图函数$F_n(\theta,\phi=\pi/2)$。

(a)



(b)

$$\cos\gamma_x = \sin\theta\cos\phi$$
$$\cos\gamma_y = \sin\theta\sin\phi$$
$$\cos\gamma_z = \cos\theta$$

（$\gamma_x,\gamma_y,\gamma_z$ 分别表示坐标原点到场点的矢径与 x，y，z 轴之间的夹角）

1、矩形波导和圆波导　TE10模和H01模

2、内导体半径、外导体内半径、内外导体间填充媒质的磁导率

6、串联　电容

12、0.5　0.5

15 是指在离天线一定距离处，辐射场的相对场强（归一化模值）随方向变化的图形，通常采用通 过天线最大辐射方向上的两个相互垂直的平面方向图来表示。

天线方向图中低于主瓣峰值3dB处所形成的夹角宽度，又称波束宽度、主瓣宽度、半功率角，形成的夹角叫波瓣角。波瓣宽度分为水平波瓣宽度和垂直波瓣宽度，对应波瓣角也分为水平波瓣角和垂直波瓣角。波瓣宽度是定向天线常用的一个重要指标。

7: 以该位置作图象横轴于点k.

19: 一九

16: 40%, 5

阻抗参数的物理含义：Zij是所有其它端口都开路时，端口j和端口i之间的转移阻抗。

Zij是所有其它端口都开路时用电流Ij激励端口j，测量端口i的开路电压而得。

$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L}$$

20. 负

(1). 否. 是.

11：$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$．是

13. 25Ω

15. 半功率波瓣宽度：最大幅射方向两侧功率为最大值一半两点的夹角.

17: $f(\theta,\varphi)=\dfrac{\sin\theta}{\sqrt{1-\sin^2\theta\cos^2\varphi}}$

计算2：$\Gamma_L = \dfrac{100+j100-200}{100+j100+200} = \dfrac{j100-100}{300+j100} = \dfrac{\sqrt{5}}{5}\angle 116.57^\circ$

波腹：$\rho = \dfrac{1+\dfrac{\sqrt{5}}{5}}{1-\dfrac{\sqrt{5}}{5}} = 2.62$.

$\therefore$ $l_{max} = \dfrac{116.57^\circ}{4\times 180^\circ}\lambda = 0.162\lambda$

$Z = \rho Z_0 = 2.62\times 200 = 523.61\Omega$

$\therefore Z_{01} = \sqrt{523.61\times 200}$

$= 323.61\Omega$

参考面的外反射系数

$$\iota\left|\Gamma_1\right|=\frac{\rho-1}{\rho+1}=\frac{0.5}{2.5}=0.2$$

$$\frac{\lambda_g}{4\pi}\phi+\frac{\lambda_g}{4}=0.125\lambda_g$$

$$\therefore \phi=-\frac{1}{2}\pi$$

$$\therefore \Gamma_1=\left|\Gamma_1\right|e^{j\phi}=0.2e^{j\frac{\pi}{2}}=-j0.2$$

于是 $S_{11}=\Gamma_1=-j0.2$

$\because$ 网络对称，$\therefore S_{11}=S_{22}=-j0.2$

$\because$ 网络互易，$S_{12}=S_{21}$

故，$[S]$可表示为：$[S]=\begin{bmatrix}-j0.2 & S_{12}\\ S_{12} & -j0.2\end{bmatrix}$

$\because$ 网络无耗，故 $[S]^{*}[S]=[I]$，

即：$\begin{bmatrix}j0.2 & S_{12}^{*}\\ S_{12}^{*} & J0.2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}-j0.2 & S_{12}\\ S_{12} & -j0.2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

$$\therefore\begin{cases}0.04+\left|S_{12}\right|^2=1\\ j0.2S_{12}-j0.2S_{12}^{*}=0\end{cases}\quad \therefore S_{12}=0.9798\qquad [S]=\begin{bmatrix}-j0.2 & 0.9798\\ 0.9798 & -j0.2\end{bmatrix}$$

计算4：

$$I(z) = I_m \sin k(\lambda - |z|)$$

$$= I_m \sin |z|$$

$$f(\theta, \varphi) = \frac{\cos(\pi \cos\theta) + 1}{\sin\theta}$$

$$F_n(\theta, \varphi) = \left| \frac{\cos(\pi \cos\theta) + 1}{2\sin\theta} \right|$$

$$\cos(\pi \cos\theta) = -1$$

$$\Rightarrow \pi\cos\theta = \pm\pi$$

$$\cos\theta = \pm 1$$

$$\theta = 0, \pi, 2\pi.$$

计算5: $f_1(\theta,\varphi) = \dfrac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta}$

$F_n(\theta,\varphi) = 2\sin\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)$

$= 2\sin\left[\frac{\pi}{2}\sin\theta\sin\varphi\right]$

xoy: $\theta = 90^\circ$

xoz: $\varphi = 0^\circ$