

2022 年普通电子带专毕业生综合能力考试

电子信息工程 (0201)

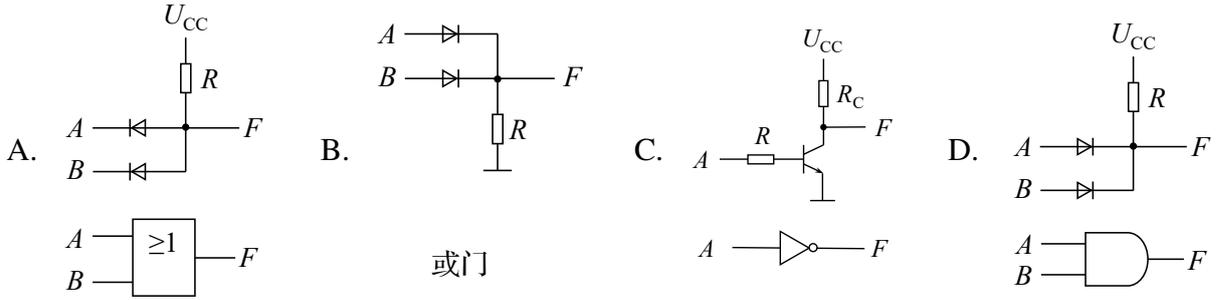
注意事项:

1. 请自觉遵守考试纪律, 不得翻书, 不得上网查阅资料, 只允许使用 MATLAB。
2. 请持 72 小时内 2 次核酸检测 (间隔大于 24 小时)、毕业证书、学位证书入场参加考试。
3. 本试卷共三大题, 33 小题。考试时间 300 分钟, 满分 400 分。
4. 命题人: Levitate、Captain。命题范围: 北雷村电专电子信息工程专业所有主干科目

一、不定项选择题: 本题包括 10 小题, 每小题 4 分, 共计 40 分。每小题只有一个或两个选项符合题意。

1. 已知 $[x]_{\text{补}} = 16\text{H}$, 若 $[x + y]_{\text{补}} = \text{C2H}$, 则 $[y]_{\text{补}}$ 为 ▲。
A. D8H B. ACH C. 54H D. 28H
2. 下列说法中正确的是 ▲。
A. 每一个幂级数在其收敛圆周上处处收敛
B. 每一个幂级数的和函数在收敛圆内可能有奇点
C. 每一个在 z_0 连续的函数一定可以在 z_0 的领域内展开成 Taylor 级数
D. 无穷远点 ∞ 总是复变函数的奇点
3. 测得放大状态下晶体管三个电极电位分别为 4 V、4.3 V 和 8 V, 则该管子类型是 ▲。
A. NPN 型硅管 B. NPN 型锗管 C. PNP 型硅管 D. PNP 型锗管
4. 音频放大器上限频率 $f_H = 8 \text{ kHz}$, 下限频率 $f_L = 13 \text{ Hz}$, 中频放大倍数 $A_{\text{uf}} = 20\text{dB}$, 输入信号 $u_i(t) = 0.15 \sin(2\pi \times 35t) + 0.08 \sin(2\pi \times 10^4t)(\text{V})$, 电源电压 $\pm 12 \text{ V}$ 。下列关于该放大器输出信号的说法正确的是 ▲。
A. 仅产生非线性失真 B. 仅产生线性失真
C. 没有失真 D. 既产生线性失真, 又产生非线性失真
5. 下列说法中正确的是 ▲。
A. 时序电路是依靠触发信号触发的电路, 组合电路是不依靠触发信号触发的电路, 同步电路触发信号由同一个时钟驱动, 异步电路触发信号使用不同时钟驱动
B. 异或门当反相器使用时, 把多余输入端接低电平
C. 寄存器一般是边沿触发的, 仅在时钟的边沿改变状态; 锁存器一般指电平触发的触发器, 特点是当控制端有效的时候, 输入端的变化会随时传递到输出端
D. 可编程的只读存储器使用电进行编程, 用紫外线可以擦除原来的信息

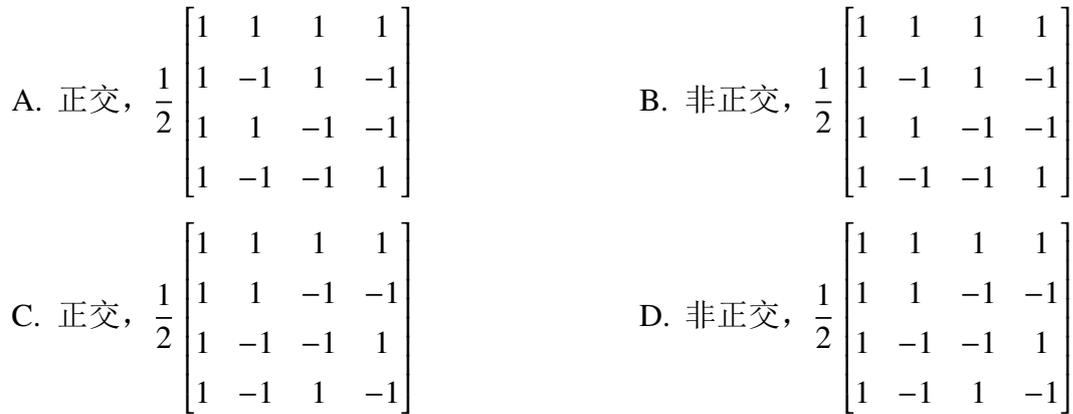
6. 下列逻辑符号、门电路名称、晶体管电路匹配的是 。



7. 若 $H(z) = \frac{2z}{(z+0.5)(z-0.2)}$ 为某非因果、非稳定离散系统的系统函数，则其可能的收敛域为 。

- A. $|z| > 0.2$ B. $|z| > 0.5$ C. $|z| < 0.2$ D. $|z| > 0$

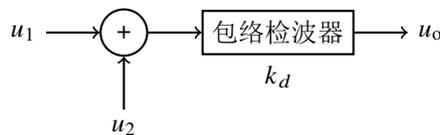
8. 离散 Hadamard 变换是 变换，4 阶 Walsh 变换核矩阵为 。



9. 某天线辐射的平面波沿着 $+z$ 方向传播，其电场的单位复矢量为 $\hat{e} = \hat{x} \cos \gamma + \hat{y} \sin \gamma \cdot e^{j\delta}$ 。当 $\delta =$ 时，天线呈线极化特性；当 $\cos \gamma = \sin \gamma$ ， $\delta =$ 时，天线呈左旋圆极化特性。
($n \in \mathbb{Z}$)

- A. $n\pi, 2n\pi + \frac{\pi}{2}$ B. $2n\pi, 2n\pi - \frac{\pi}{2}$
C. $2n\pi + \frac{\pi}{2}, 2n\pi$ D. $2n\pi - \frac{\pi}{2}, n\pi$

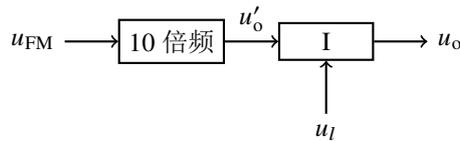
10. 下列各组信号中可用如图检波电路实现检波的是 。



- A. $u_1 = 2U_m \cos \Omega t \cos \omega_c t, u_2 = U_m \cos \omega_c t$
B. $u_1 = 0.01U_m \cos (\omega_c + \Omega) t, u_2 = U_m \cos \omega_c t$
C. $u_1 = 0.01U_m \cos (\omega_c t + k_p u_\Omega), u_2 = U_m \cos \omega_c t$
D. $u_1 = 0.01U_m \sin \left[\omega_c t + \Delta\omega_m \int^t f(t) dt + k_0 \Delta\omega_m f(t) \right], u_2 = U_m \cos \left[\omega_c t + \Delta\omega_m \int^t f(t) dt \right]$

二、填空题：本题包括 10 小题，每小题 6 分，共计 60 分。

11. 在 Smith 圆图中，电压波腹点在 ▲ ，(0,0) 点是 ▲ ，朝电源方向是 ▲ 时针。
12. 设计算机计算一次复数乘法需要 $5 \mu\text{s}$ ，一次复数加法需要 $1 \mu\text{s}$ ，则在此计算机上计算 1024 点的基 2FFT 需要 ▲ 级蝶形运算，总的运算时间是 ▲ μs 。
13. 证明方程 $1 - x - \sin x = 0$ 在 $[0, 1]$ 中有且只有 1 个根，用二分法求误差不大于 $\frac{1}{2} \times 10^{-3}$ 的根需要迭代 ▲ 次。
14. 调频信号 $u_{\text{FM}} = U_{\text{sm}} \cos(\omega_c t + m_f \sin \Omega t)$ ，用下图所示电路扩展线性频偏，方框 I 的名称为 ▲ ；当本振信号 u_l 的频率 $\omega_l = 11\omega_c$ 时，输出电压 $u_o = U_{\text{om}} \cos(\text{ ▲ })$ 。



15. 窄带标准正态噪声电压通过平方律包络检波并归一化后，进行 4 次独立采样，视频积累后加法器输出噪声电压服从 ▲ ，其均值为 ▲ ，方差为 ▲ 。
16. 若一均匀平面电磁波在良导体银中传播，若电磁波的波长为 $7.3514 \times 10^{-6} \text{ m}$ ，银的电导率 $\sigma = 6.15 \times 10^7 \text{ S/m}$ ，则银的集肤深度为 ▲ ，表面电阻为 ▲ 。（保留三位有效数字）
17. 设有平稳随机过程 $X(t)$ 。已知其均值 $m_X(t) = 1$ ，自相关函数 $R_X(\tau) = 1 + e^{-2|\tau|}$ ，随机变量 $Y = \int_0^1 X(t) dt$ 的方差为 ▲ 。
18. 若工作在 12 GHz 的直播卫星正馈抛物面天线的口径直径为 540 mm，当此抛物面的口径利用率为 75% 时，该抛物面天线的方向系数为 ▲ 。（保留四位有效数字）
19. 在低海拔处，使用“四分之三地球模型”时，可假设雷达波束是直线传播而不考虑折射，已知雷达架设高度 h_r 和目标高度 h_t ，则雷达的直视距离 R_s 为 ▲ 。（标注单位）
20. 设一条无线链路采用视距传播方式通信，其收发天线的架设高度都等于 40 m，若不考虑大气折射率的影响，其最远通信距离为 ▲ 。（标注单位）

三、解答题：本题包括 13 小题，共计 300 分。解答应写出文字说明、证明过程或演算步骤。

21. (20 分)

用给定元器件：运算放大器、电阻网络、模拟开关 CC4066、二四译码器 74LS139、反相器 74LS04 等搭建电路，实现一程控放大器，其放大倍数：2、4、6、8 倍可控。

- (1) 给出程控部分的结构原理图，标明引脚连线。
- (2) 画出总体原理框图，并简要说明程控放大器设计流程。

注意：可能用到的引脚功能图表见附录。

22. (18 分)

在 8086CPU 工作在最小方式的系统中，利用 Intel 6264 扩展设计 16KB 的 SRAM 电路，分配给 16KB 的 SRAM 存储器电路的起始地址为 30000H。

- (1) 画出此 SRAM 存储器电路与系统总线的连接图（译码电路用 74LS138）。
- (2) 结合字符串操作指令编程给 16KB SRAM 每个字节单元写 55H 数据，写完后检查每个单元是否正确，若全部都正确，置标志 DX=0；否则 DX=-1。

注意：可能用到的引脚功能图表见附录。

23. (42 分)

利用给定元件设计不同类型的高通滤波器，并分析滤波器的特性。

【无源滤波器】 用电阻 R 、电容 C 设计一阶 RC 无源高通滤波器。

- (1) 画出电路示意图。
- (2) 试求白噪声 $X(t)$ 通过该电路后的功率谱密度 $G_Y(j\omega)$ 、相关函数 $R_Y(\tau)$ 、相关时间 τ_0 、噪声通频带 $\Delta\omega_n$ 。
- (3) 写出该模拟滤波器的系统函数 $H_a(s)$ ，选用合适的方法将其转换成 IIR 数字滤波器 $H(z)$ ，最后画出信号流图。

【有源滤波器】 用运算放大器 A、电阻 R_1, R_2 、电容 C 设计反相输入的一阶高通滤波器。

- (4) 画出电路示意图。
- (5) 求传递函数，并定性画出幅频响应。

【数字滤波器】 用矩形窗设计线性相位高通 FIR 滤波器，要求过渡带宽度不超过 $\frac{\pi}{10}$ rad。希望逼近的理想高通滤波器频率响应函数为

$$H_d(e^{j\omega}) = \begin{cases} e^{-j\omega\alpha} & \omega_c \leq |\omega| \leq \pi, \\ 0 & \text{其它.} \end{cases}$$

- (6) 求理想高通滤波器的单位脉冲响应 $h_d(n)$ 。
- (7) 求矩形窗设计的高通 FIR 滤波器的单位脉冲响应 $h(n)$ 。说明 α 与 N 的关系，并说明 N 的取值限制。

24. (14 分)

已知如图 1 所示的稳态电路， $t = 0$ 时，开关 S 由 1 打向 2，求 $t \leq 0$ 以后的 $u_{zi}(t)$ 和 $u_{zs}(t)$ 。（请使用变换域方法解题）

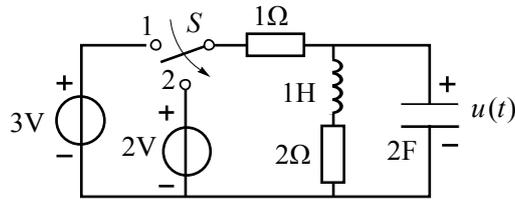


图 1: 题 24 图

25. (20 分)

Maxwell 方程，是英国物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦在 19 世纪建立的一组描述电场、磁场与电荷密度、电流密度之间关系的偏微分方程，是经典电磁学的基础方程。

- (1) 写出 Maxwell 方程的积分形式和微分形式，并写出本构关系。
- (2) 写出洛仑兹条件式，利用矢位 \mathbf{A} 所满足的波动方程和 Maxwell 方程，试推导电流连续性方程。
- (3) 如果是无源区，推导满足的波动方程。

26. (21 分)

MATLAB 是 matrix 和 laboratory 两个词的组合，意为矩阵工厂（矩阵实验室），软件主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。

- (1) 简述 `fftshift` 函数的作用。大致绘出图像分别经过离散傅里叶变换、`fftshift` 函数的频谱图像，指出直流分量、低频分量、高频分量的位置。
- (2) 根据表 1，阅读二相编码脉冲信号的脉压程序，补全缺失代码。

表 1: 参数说明

符号	描述
<code>Te</code>	每个码元的脉冲宽度 (s)
<code>code</code>	二项编码序列
<code>Ts</code>	采样周期 (s)
<code>R0</code>	目标的距离矢量 (m) ($> R_{min}$, 且在接收窗内)
<code>Vr</code>	目标的速度矢量 (m/s)
<code>SNR</code>	目标的信噪比矢量 (dB)
<code>Rmin</code>	采样的最小距离 (m)
<code>Rrec</code>	接收距离窗的大小 (m)
<code>bos</code>	波数

```

function PCM_comp(Te, code, Ts, R0, Vr, noise, SNR, Rmin, Rrec, bos)
M = round(Te/Ts);
code2 = kron(code, ones(M,1));
c = 3e8;
NR0 = ceil(log2(2 * (Rrec)/c/Ts));
NR1 = 2^NR0;
M2= M * length(code);
t1 = (0: M2 - 1) * Ts;
for k = 1: length (R0)
    NR = %% 第1处 %%
    Ri = 2 * (R0(k) -Vr(k)*t1);
    switch lower(noise)
        case {'true'}
            sp = (0.707 * (randn(1, NR1) + 1i * randn(1, NR1)));
            spt = (10^(SNR(k)/20)) * %% 第2处 %%
        otherwise
            sp = zeros(1, NR1);
            spt = %% 第2处 %%
    end
    sp(NR : NR+M2 - 1) =sp(NR: NR + M2 - 1) + spt;
end
spf= fft(sp, NR1);
Wf_t = fft(code2', NR1);
y = %% 第3处 %%
maiya = %% 第4处 %%
d = (1:NR1)*c*Ts/2+Rmin;
plot(d,maiya); xlabel("距离/m"); ylabel("脉压输出/dB"); grid on;

```

27. (21 分)

正弦载波调制器和解调器如图 2(a)、(b) 所示，带限信号 $f(t)$ 和低通滤波器的频谱分别如图 2(c)、(d) 所示，且 $f(t)$ 的最高频率 ω_m 远远小于载波频率 ω_c 。

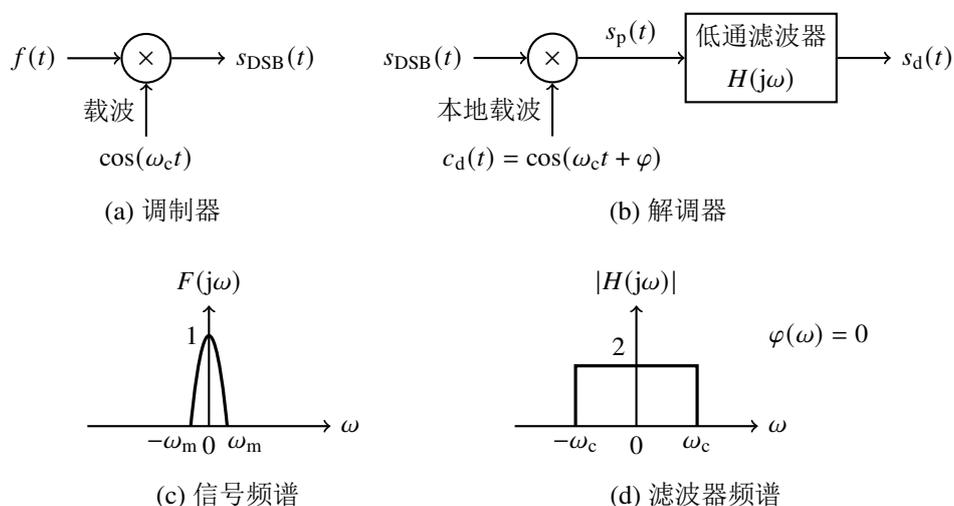


图 2: 题 27 图

- (1) 若解调器本地载波无相位差, 即 $\varphi = 0$, 画出如图所示各信号 $s_{\text{DSB}}(t)$, $s_p(t)$, $s_d(t)$ 的频谱图。
- (2) 若解调器本地载波存在相位差, 即 $\varphi \neq 0$, 会对解调信号 $s_d(t)$ 产生什么样的影响?

28. (12 分)

现有一部调频连续波雷达, 已知其发射信号为线性调频信号, 带宽 B 为 60 MHz, 重频时间 T_r 为 200 μs 。回波信号经过与发射信号解线调频处理后, 得到的零中频信号 (实信号), 此信号频率 f_b 和雷达相位中心与目标之间的距离 R_t 之间的关系为:

$$f_b = \frac{2BR_t}{cT_r}$$

其中 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 为光速。信号处理分系统模数转换部分的采样率 $f_s = 100 \text{ MHz}$, 每次回波采样点数为 16384 点, 试问:

- (1) 对采集到的信号做 DFT, 频谱序列在第 2048 个点处有一个峰值, 此峰值对应目标距离雷达相位中心的距离是多少?
- (2) 如果在 3.125 km 处有一静止目标, 则其回波信号对应的零中频信号, 进行 DFT 处理, 其峰值对应频谱序列的点是多少?

29. (21 分)

接收机中内部噪声对检测信号的影响, 可以用接收机输入端的信号功率与噪声的功率之比 (输入信噪比) 通过接收机后的相对变化来衡量。假如接收机中没有内部噪声, 称为“理想接收机”, 则其输出信噪比与输入信噪比相同。实际接收机总是有内部噪声的, 如果内部噪声越大, 输出信噪比减小得越多, 则说明接收机性能越差。通常用噪声系数和噪声温度来衡量接收机的噪声性能。

- (1) 设两级网络的增益分别为 G_{A1} 和 G_{A2} , 等效噪声温度分别为 T_{e1} 和 T_{e2} , 噪声系数为 F_1 和 F_2 。给出两级电路网络框图, 并推导两级网络噪声系数的级联公式。
- (2) 某雷达发射矩形脉冲宽度 3 μs , 接收机采用矩形频率特性匹配滤波, 系统组成和参数如图 3, 试求接收机总噪声系数。并计算天线噪声温度为 380 K 时的系统噪声温度。(无需修正天线噪声温度)

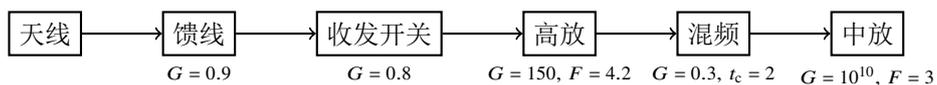


图 3: 题 29 图

30. (33 分)

图像作为信息的重要表现形式, 其具有数据量大, 带宽宽等特点。有限的存储空间和传输图像的需求都要求对图像进行压缩。设一幅黑白数字相片有 400 万个像素, 每个像素有 8 个灰度级。

- (1) 若用 3 kHz 带宽的信道传输，且信号噪声功率比等于 20dB，试问需要传输多少时间？
- (2) 为了压缩数据，一种方式是使用无损压缩编码。对于给定熵的信源，Huffman 编码能得到最小平均码长。若图像序列 8 个灰度级的概率分别为 0.40, 0.18, 0.10, 0.10, 0.07, 0.06, 0.05, 0.04，画出 Huffman 树，写出编码得到的码字，并求平均码长、熵、编码效率、冗余度、压缩比。
- (3) 图像压缩编码中，还常在变换域进行有损压缩。小波 (Wavelet) 变换的基本思想是利用小波变换将原图像转换为小波域上的系数，利用小波变换的能量集中作用，只保留那些能量较大的系数进行编码，就可达到图像压缩的目的。请说明小波变换进行图像压缩的步骤，并绘制小波分解的示意图。

31. (28 分)

匹配滤波器是当输入端出现信号与加性白噪声时，使其输出信噪比最大的滤波器，就是一个与输入信号相匹配的最佳滤波器。对接收机而言，匹配滤波器是指其接收机的频率特性与发射信号的频谱特性相匹配。设信号 $s(t)$ 是一个时宽为 T ，幅度为 A 的矩形脉冲，其数学表示式为

$$s(t) = \begin{cases} A & |t| \leq \frac{T}{2}, \\ 0 & |t| > \frac{T}{2}. \end{cases}$$

现考虑该信号的匹配滤波问题。假定线性时不变滤波器的输入信号为 $x(t) = s(t) + n(t)$ ，其中， $n(t)$ 是均值为零、功率谱密度为 $P_n(j\omega) = \frac{N_0}{2}$ 的白噪声。

- (1) 求信号 $s(t)$ 的匹配滤波器的系统函数 $H(j\omega)$ 和脉冲响应 $h(t)$ ；
- (2) 求匹配滤波器的输出信号 $s_o(t)$ ，并画出波形；
- (3) 求输出信号的功率信噪比 SNR_o 。
- (4) 简述匹配滤波器是否能接受模拟信号。
- (5) 经过信道传输后码元相位带有随机性的信号称为随相信号。对于能量相等、先验概率相等、互不相关的 2FSK 信号及存在带限白噪声的通信系统，假设接收信号码元相位的概率密度服从均匀分布，画出随相信号的相关接收机和匹配滤波接收机，并说明两者是否等价？（无需证明，给出结论即可）

32. (32 分)

某一维相扫天线由 12 个阵元组成，要求扫描范围为 $\pm 30^\circ$ ，不出现栅瓣，采用四位数字式铁氧体移相器 ($22.5^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 180^\circ$)。数字移相器是由单元移相器级联组成的，每个单元移相器构成数字移相器的一个位。定向耦合器型移相器的原始形式为铁氧体环形器。

- (1) 写出图 4 对应铁氧体环形器的 S 矩阵，并说明如何得到典型铁氧体隔离器？
- (2) 说明相控阵天线的原理，并给出阵元间距的约束条件。
- (3) 若取 $d = \frac{\lambda}{2}$ ，计算扫描角为 6° 和 30° 时每个移相器的相移量，并计算扫描角为 30° 时的二进制控制信号。
- (4) 若取 $d = \frac{\lambda}{2}$ ，计算扫描角为 0° 和 $\pm 30^\circ$ 时的半功率波束宽度。

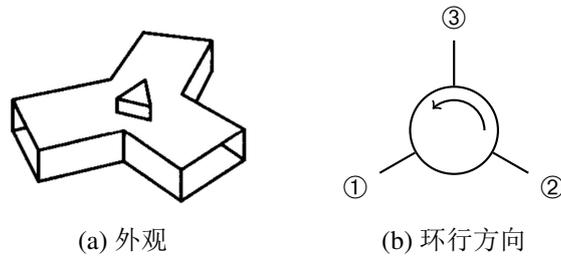


图 4: 铁氧体环形器

33. (18 分)

当天线架设得很高、天线的方向性很强时，以及在卫星通信和卫星（飞船）间通信中，电磁波的传播接近自由空间传播。自由空间是指电磁波的传播没有任何障碍的空间，例如没有吸收、反射、折射、绕射和散射等。

- (1) 设收发天线均置于自由空间，并远离其它物体。推导理想条件下的 Friis 传输公式。
- (2) 目标收到电磁波的照射，因其散射特性将产生散射回波，用目标散射截面积 (RCS) σ 表征其散射特性。若假定目标可将接收到的回波能量无损耗地辐射出来，推导雷达接收天线处的回波功率密度。
- (3) 设发射功率 $P_t = 10 \text{ W}$ ，发射天线增益 $G_t = 100$ ，接收天线增益 $G_r = 10$ ，传播距离为 50 km ，电磁波频率为 800 MHz ，试求接收功率和传播损耗。

附录：可能用到的引脚功能图表

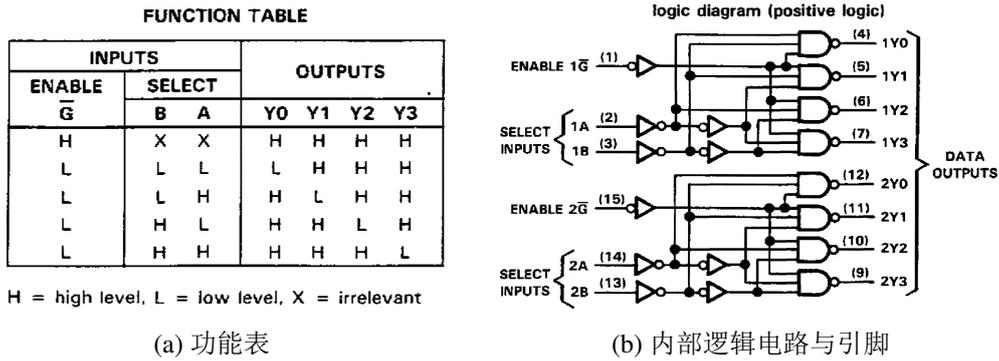


图 5: 双 2-4 译码器 74LS139

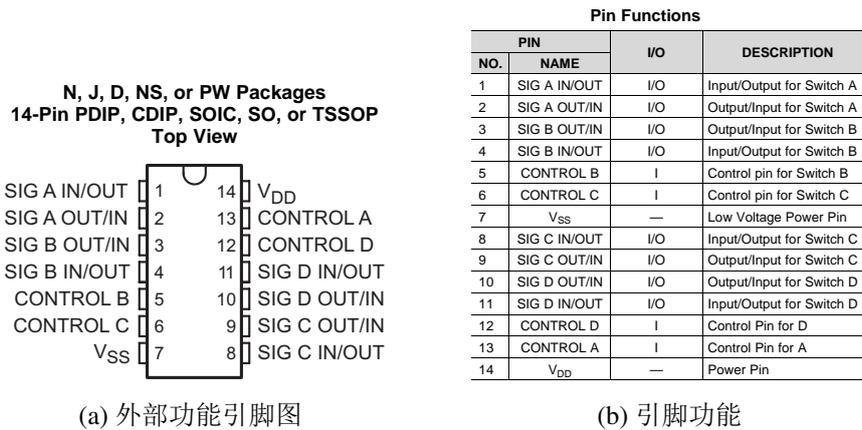


图 6: 模拟开关 CC4066

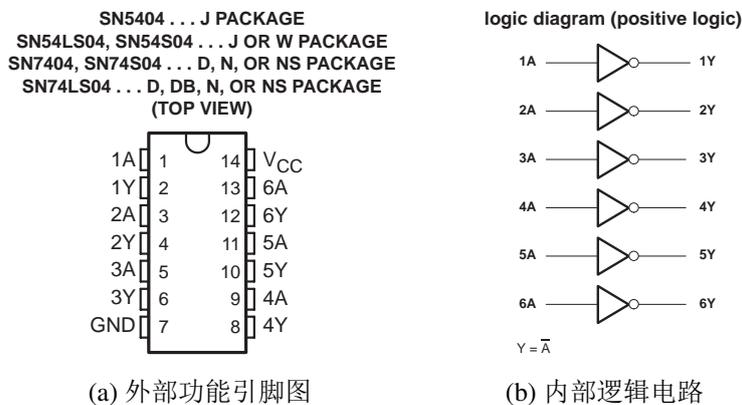


图 7: 6 反相器 74LS04



图 9: 3-8 译码器 74LS138

图 8: SRAM 芯片 6264