

绝密★启用前

2012 年同等学力人员申请硕士学位
学科综合水平全国统一考试

电子科学与技术试卷

第一部分 必答题

数值分析

第二部分 选答题（以下课程任选两门）

I. 电磁场与波

II. 半导体物理

III. 激光物理与技术

IV. 现代电路技术

V. 信号处理

考生须知

1. 本试卷满分为 100 分，包含必答题和选答题两部分。数值分析满分 30 分，每位考生必答；选答题满分 70 分，包括电磁场与波、半导体物理、激光物理与技术、现代电路技术和信号处理五门课程，每门课程满分 35 分，考生从中任选 2 门作答，多选者只按前选 2 门计分。
2. 请考生务必将本人考号最后两位数字填写在本页右上角方框内。
3. 考生一律用蓝色或黑色墨水笔在答题纸指定位置上按规定要求作答，未做在指定位置上的答案一律无效。
4. 答填空题时，务必在答题纸上标明每题每空的标号；答选择题时，请写明题号和所选英文字母。
5. 监考员收卷时，考生须配合监考员验收，并请监考员在准考证上签字（作为考生交卷的凭据），否则，若发生答卷遗失，责任由考生自负。

第一部分 必答题

数值分析

(满分 30 分)

一、填空题 (每空 1 分, 共 8 分)

1. 满足 $p(-1)=2, p(2)=2, p'(-1)=-1$ 的不超过二次的插值多项式 $p(x)$ 写成

$$p(x) = a + b(x+1) + c(x+1)^2,$$

其中 $a = \underline{\text{①}}$, $c = \underline{\text{②}}$.

2. 已知当 $x_0 > 0$ 时, 迭代法

$$x_{k+1} = \frac{5x_k^2 + 1}{10x_k}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

收敛. 若取 $x_0 = 1$, 则 $\lim_{k \rightarrow \infty} x_k = \underline{\text{①}}$, 此迭代法的收敛阶为 $\underline{\text{②}}$.

3. 用最小二乘法 (权系数为 1) 以函数 $y = a_0 + a_1 x^2$ 拟合数据表

x_i	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5
y_i	1.00	1.20	1.50	1.25	0.95

得到 a_0, a_1 满足的法方程组为

$$\begin{cases} g_{11}a_0 + g_{12}a_1 = f_1, \\ g_{21}a_0 + g_{22}a_1 = f_2, \end{cases}$$

其中 $g_{21} = \underline{\text{①}}$, $f_1 = \underline{\text{②}}$.

4. 解常微分方程初值问题 $\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x, y) \\ y(x_0) = y_0 \end{cases}$ 的一种两步方法

$$y_{n+2} = y_{n+1} + \frac{h}{3}[4f(x_{n+1}, y_{n+1}) - f(x_n, y_n)]$$

是 $\underline{\text{①}}$ 阶的方法, 其局部截断误差的首项是 $\underline{\text{②}}$.

二、(10 分) 确定系数 A 和 B, 使近似求积公式

$$\int_{-2}^2 f(x) dx \approx Af(-\sqrt{\frac{12}{5}}) + Bf(0) + Af(\sqrt{\frac{12}{5}})$$

的代数精确度尽量高, 所确定的公式有多少次代数精确度? 它是否为 Gauss (高斯) 型求积公式? 证明你的结论.

三、(12 分) 线性方程组

$$\begin{cases} 4x_1 - 2x_2 & = 0, \\ -2x_1 + 5x_2 - 2x_3 & = 2, \\ -2x_2 + 5x_3 + 2x_4 & = 3, \\ 2x_3 + 10x_4 & = -7. \end{cases}$$



(1) 讨论 Jacobi (雅可比) 迭代法和 Gauss-Seidel (高斯-塞德尔) 迭代法解此方程组的收敛性.



(2) 写出 Jacobi 迭代法按分量计算的公式, 取 $\mathbf{x}^{(0)} = (0, 0, 0, 0)^T$ 迭代两次, 求 $\mathbf{x}^{(1)}$ 和 $\mathbf{x}^{(2)}$.

(3) 写出 Gauss-Seidel 迭代法按分量计算的公式, 取 $\mathbf{x}^{(0)} = (0, 0, 0, 0)^T$ 迭代一次, 求 $\mathbf{x}^{(1)}$.



第二部分 选答题

课程 I 电磁场与波

(满分 35 分)

一、填空题 (每空 1 分, 共 14 分)

1. 若空间某点矢量场的散度大于零, 则从这点便会有矢量场的净通量 ①; 若该点矢量场的散度为负, 则这一点就有矢量场的净通量 ②。
2. “物质中极化强度 \vec{P} 和电场强度 \vec{E} 的关系与电场强度 \vec{E} 在物质中的方向无关”, 这句话表明: 无论物质中的电场强度 \vec{E} 是什么方向, $\vec{P} = \vec{P}(\vec{E})$ 的关系式都 ① (请选择“不改变”或“改变”), 则这种极化物质就称为 ② (请选择“各向同性”或“各向异性”) 的。
3. 经典电磁场理论, 只考虑 ① (请选择“宏观”或“微观”) 的电磁场现象, 而不考虑 ② (请选择“宏观”或“微观”) 的电磁场, 不考虑场的量子效应。
4. 空间振动相位相同的点连成的面称为波动的 ①; 在同一时刻, 空间振动幅度相同的点连成的面称为波动的 ②。
5. 从均匀平面波的性质 $\vec{E} \cdot \vec{S} = \vec{H} \cdot \vec{S} = 0$, $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ 可以看出: 均匀平面波的电场和 ① 总是与波的能量传播方向 ②。
6. 在自由空间中任何一点, 均匀平面波的电场能密度和磁场能密度相等。其中: $\frac{1}{2} \epsilon_0 |\vec{E}|^2$ 为 ①, $\frac{1}{2} \mu_0 |\vec{H}|^2$ 为 ②。
7. 迹 $\text{tr} A = \lim_{DV \rightarrow 0} \oint_S \vec{A} \cdot d\vec{a}$ 定义为矢量场的 ①; 矢量场的散度是一个 ② (请选择“标量”或“矢量”) 场。

二、问答题 (每小题 5 分, 共 15 分)

1. 假设: 均匀平面波的等相面为 $z = \text{常数}$ 的平面, 其时间变化因子为 $e^{j\omega t}$ 。若 \dot{E}_{m1} 和 \dot{E}_{m2} 为任意复常数, 请说明 $\dot{E}_x(z) = \dot{E}_{m1} e^{j\beta z} + \dot{E}_{m2} e^{-j\beta z}$ (V/m) 表达式中, 哪项因子对应向+z 方向传播的波? 哪项因子对应向-z 方向传播的波?
2. 若在边界上有面电荷分布, 则在越过边界时, 电通矢量在边界法线方向上的分量是否改变? 如何改变?
3. 请问均匀平面波垂直入射到无限大理想导体表面, 其反射波是否是均匀平面波? 其反射波与入射波的合成波是否是均匀平面波?

三、计算题（每小题 3 分，共 6 分）

1. 已知自由空间中电磁波的波阻抗为： $\frac{|\vec{E}|}{|\vec{H}|} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \eta_0 \approx 377(\Omega) \approx 120\pi(\Omega)$ ，请证明：

在自由空间中任何一点，均匀平面波的电场能密度和磁场能密度相等。

2. 证明： $\Phi(r_p) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{V_Q} \frac{\rho(r_Q)}{r_{QP}} dV_Q$ 是泊松方程 $\nabla_p^2 \Phi(r_p) = -\frac{\rho(r_Q)}{\epsilon_0}$ 的解。

(注： $\nabla_p^2 \frac{1}{r_{QP}} = -4\pi\delta(r_{QP})$)

课程 II 半导体物理

(满分 35 分)

一、填空题 (每空 1 分, 共 10 分)

1. 位错是半导体中的一种线缺陷。位错线与滑移矢相互垂直的位错称为 ① 位错, 位错线与滑移矢相互平行的位错称为 ② 位错。
2. 能够向导带提供电子并使本身成为正电中心的杂质称为 ① 杂质; 把硅掺入砷化镓中时, 主要是取代 ② 而起施主作用。
3. 一块掺磷的 n 型硅样品, 磷杂质的浓度为 N_D 时, 费米能级 E_F 与磷杂质能级 E_D 重合, 此时电离的磷杂质浓度为 ①; 若 $E_D - E_F \geq KT$ 时, 导带电子浓度 $n_0 \approx$ ② (N_D 远大于本征载流子浓度)。
4. 对低掺杂的硅, 在高温情况下, 起主要散射作用的散射机构是 ① 散射。在强电场下漂移速度达到饱和时, 起主要散射作用的散射机构是 ② 散射。
5. 费米能级分别为 E_{Fn} 和 E_{Fp} 的 n 型硅与 p 型硅形成 pn 结。对于热平衡 pn 结它的费米能级是 ①; 形成的势垒高度 $qV_D =$ ②。

二、单项选择题 (每小题 1.5 分, 共 6 分)

1. 金在硅中存在一个施主能级 E_D 和一个受主能级 E_A 。 E_D 位于禁带下半部, $E_D - E_V = 0.35eV$; E_A 位于禁带上半部, $E_C - E_A = 0.54eV$ 。在 n 型硅中, 金的荷电状态是:
A. 一重施主离化态 Au^+ B. 中性态 Au^0
C. 一重受主离化态 Au^- D. 二重受主离化态 Au^{2-}
(E_C 、 E_V 分别为导带底和价带顶)
2. 下列这些情况下, 关系式 $n_0 p_0 = n_i^2$ 不能成立的是:
A. 在热平衡态的非简并、掺杂均匀的半导体中
B. 在热平衡态的简并、掺杂均匀的半导体中
C. 在热平衡态的非简并、掺杂不均匀的半导体中
D. 在平衡 pn 结中
(n_0 、 p_0 、 n_i 分别是导带电子、价带空穴和本征载流子浓度)
3. 载流子的平均漂移速度, 在强电场下会出现饱和现象。这主要是由于:
A. 通过电离杂质散射释放了能量
B. 通过声学波形变势散射释放了能量
C. 通过声学波压电散射释放了能量

D. 通过光学波散射释放了能量

4. 设在 MOS 结构的 SiO_2 层中, 距离金属- SiO_2 界面 x 处有一薄层正电荷, 其单位面积电荷量为 Q , 它对理想 C-V 特性曲线的影响是:

- A. 使曲线向负栅电压方向平移, 平移量反比于 Qx
- B. 使曲线向正栅电压方向平移, 平移量反比于 Qx
- C. 使曲线向负栅电压方向平移, 平移量正比于 Qx
- D. 使曲线向正栅电压方向平移, 平移量正比于 Qx

三、简答题 (每小题 4 分, 共 12 分)

1. 在硅中掺磷和金, 请说明它们各自在硅中的存在方式、扩散方式和作用。(3 分) 磷和金的扩散系数哪个大? (1 分)

2. 相比于一般 pn 结, 隧道 pn 结在结构、伏安特性和应用上有哪些特点?

3. 一个铝栅、硅衬底的 MOS 结构。其 SiO_2 层厚 $d_i = 0.2\mu\text{m}$, 铝栅与硅衬底的功函数相同, 并知在铝栅与 SiO_2 层间存在有面密度 $N_f = 10^{11}\text{cm}^{-2}$ 的正电荷。

①此 MOS 结构的最大电容是多少? 这时半导体表面层处于什么状态? (2.5 分)

②如果不考虑其它表面电荷的影响, 此时的平带电压是多大? (1.5 分)

(已知: 真空介电常数 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\text{F/m}$, SiO_2 的介电常数 $\epsilon_i = 3.9$)

四、计算题 (7 分)

一块施主浓度为 N_D 的 n 型半导体, 在温度为 T 时, 本征载流子浓度 $n_i \approx N_D$ 。

(1) 试证明导带电子浓度 n_0 和价带空穴浓度 p_0 分别为:

$$n_0 = \frac{N_D}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{N_D^2 + 4n_i^2}$$

$$p_0 = -\frac{N_D}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{N_D^2 + 4n_i^2} \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 若在此样品中再掺入浓度为 N_A 的受主杂质, 当 $n_i \approx N_A - N_D$ 时, 请分别写出其导带电子浓度 n_0 和价带空穴浓度 p_0 的表达式。(3 分)

课程III 激光物理与技术

(满分 35 分)

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分。括弧内为可供选择的答案)

1. 一般激光器由 ①、② 和 ③ 三部分组成。
2. 设 F-P 腔谐振波长为 λ , 若腔镜沿轴向移动 ① (λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$), 则纵模频率移动一个纵模间隔 $\Delta\nu_q$ 。
3. 一般情况下, 碰撞加宽属于 ① 加宽 (均匀、非均匀), 气体的碰撞加宽宽度与 ② 成正比。
4. 激光的单色性越好, 则 ① 相干性越好; 激光发散角越小, 则 ② 相干性越好。
5. 长度为 l 的红宝石棒置于长度为 L 的光谐振腔中, 光腔的单程损耗为 δ , 小信号增益系数为 $G^0(\nu)$, 则该激光器自激振荡时的小信号增益应满足 $G^0(\nu) \geq G_{th} =$ ①。
6. 对于均匀加宽工作物质, 其饱和增益曲线的线宽 ① (大于, 小于, 等于) 小信号增益曲线线宽; 对于非均匀加宽工作物质, 其饱和增益曲线的线宽 ② (大于, 小于, 等于) 其小信号增益曲线线宽。
7. 由于激光工作物质中存在 ①, 单模激光器的输出谱线宽度不可能无限窄。
8. 稳定球面镜腔发出的光束为 ① 光波, 非稳定腔发出的光束为 ② 光波。
9. 稳定腔镜面上各点光波场相位 ① (相同、不同), 平行平面镜腔中镜面上各点光波场相位 ② (相同、不同)。
10. 一均匀加宽, 幅度调制主动锁模激光器有 100 个纵模相位被完全锁定, 若纵模间隔为 1GHz, 输出光脉冲的重复频率是 ①, 可估算脉冲宽度为 ② 秒。若相位未锁定时激光器平均输出功率为 5mw, 该锁模激光器输出脉冲的峰值功率为 ③。
11. 纵向光激励连续激光放大器中, 工作物质中的小信号增益系数、小信号反转粒子数均与传输 ① 有关。

二、问答题 (共 10 分)

1. (3 分) 简述两种可使氦氖气体激光器获得单纵模输出的方法, 并简述原理。(已知

氦氖激光器的多普勒加宽宽度为 1500MHz)

2. (3 分) 某一激光器的输出光斑花样如图 1 (a) 所示, 写出该光斑对应的横模指数(即

TEM_{mn} 模中 $m=? n=?$); 若另一模式在 X 方向的强度分布如图 1 (b) 所示, Y

方向的强度分布为钟形曲线, 写出该强度分布对应的模式?

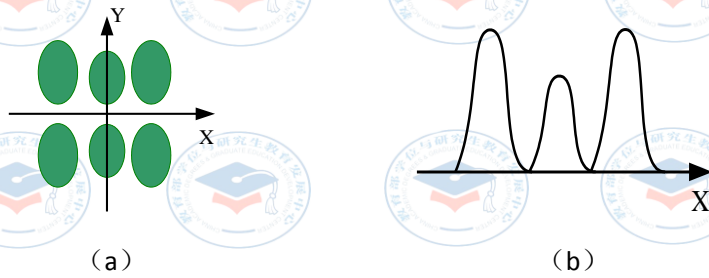


图 1

3. (4 分) 两个调 Q 激光器 A 和 B 的能级系统及其能级有关参数分别如图 2 (a), (b)

所示, 它们都通过外部激光器实现从基态 0 到能级 3 的泵浦激励 (设泵浦激励为无

限大)。假定这两个激光器的谐振腔、Q 开关及能级 2→1 的受激辐射截面均相同,

试根据图中所给参数说明哪一个系统可以产生更大能量的调 Q 脉冲。

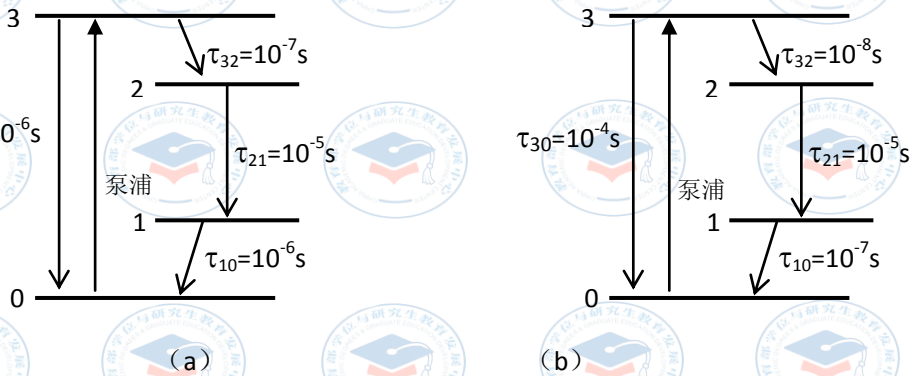


图 2

三、计算题 (5 分)

图 3 (a) 为一连续工作激光器的能级系统, 辐射跃迁发生在能级 2 和 1 之间, 其

中心频率处的发射截面 $\sigma=1.3 \times 10^{-17} \text{cm}^2$, 能级 1 寿命 $\tau_1 \approx 0$, 能级 2 寿命 $\tau_2 = 100 \text{ns}$, 能

级 0 未抽空。光谐振腔其它参数见图 3 (b) 所示。试求

- (1) 写出稳态情况下能级 2 的速率方程；
- (2) 求小信号增益系数为 0.05cm^{-1} 时的泵浦速率；（单位： $\text{cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ ）
- (3) 已知中心频率处饱和光强 $I_s = 3 \times 10^5 \text{W/cm}^2$ ，求从腔的右端可获得的激光输出光强。

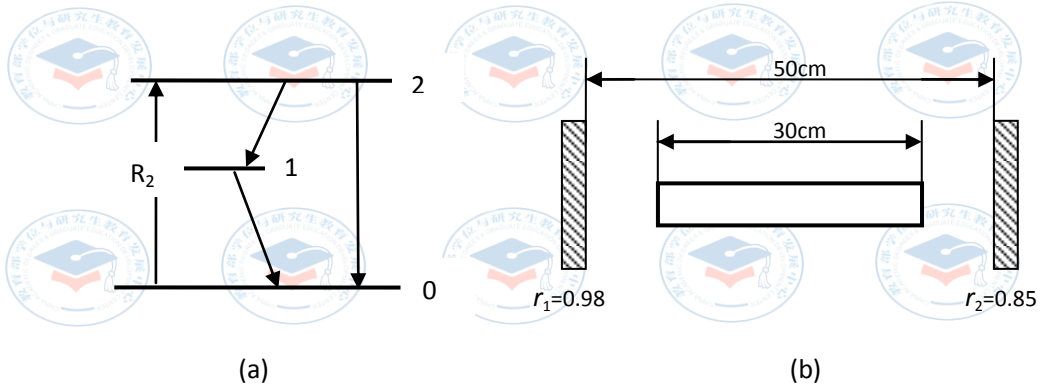


图 3

课程IV 现代电路技术

(满分 35 分)

一、填空题 (每小题 1 分, 共 9 分)

1. 将二进制数 1011100 转换成典型的格雷码为 ①, 转换成十进制数为 ②。
2. 一个 10 位的二进制数最大可表示的十进制数为 ①, 一个 3 位的十进制数最多需 ② 位二进制数表示。
3. 用 JK 触发器实现 D 触发器的逻辑功能, 需使 $J =$ ①, $K =$ ②。
4. ECL 门是一种非饱和型电路, 其突出优点是 ①, 缺点是 ②。
5. 若用 $8 \times 4\text{RAM}$ 扩展为 $32 \times 4\text{RAM}$, 需要用 ① 扩展技术, 需 ② 片 $8 \times 4\text{RAM}$ 。
6. 时序逻辑电路在结构上由 ① 和 ② 两部分组成。
7. 晶体二极管在工作点处的 ① 电阻和 ② 电阻不同。
8. 降低 A-D 变换器量化噪声的方法有 ① 和 ②。
9. 放大器能正常工作的最低电平受 ① 限制, 最高电平受 ② 限制。

二、问答题 (每小题 2 分, 共 10 分)

1. 扼要说出 PLA (可编程逻辑阵列) 与 PAL (可编程阵列逻辑) 的主要区别。
2. 请写出图 1 所示电路的 $F(A,B,C,D)$ 最简与或式。

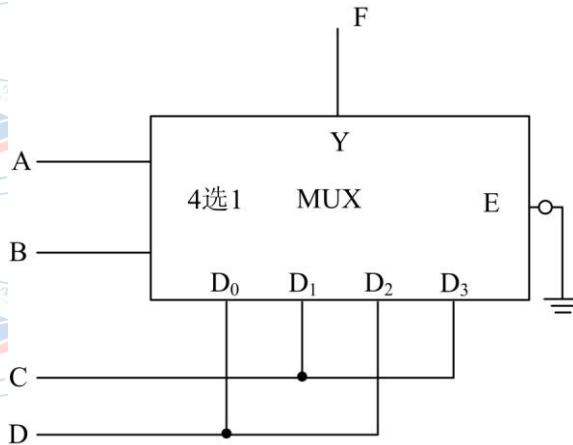


图 1

3. 请简要叙述描述组合逻辑电路逻辑功能的主要方法。
4. 证明: 如果 $a \oplus c = b$, 则 $b \oplus c = a$ 。
5. 线性失真与非线性失真的主要区别是什么?

三、分析与设计题 (每小题 3 分, 共 12 分)

1. 有一时序电路如图 2 所示。请写出各级触发器的状态方程。

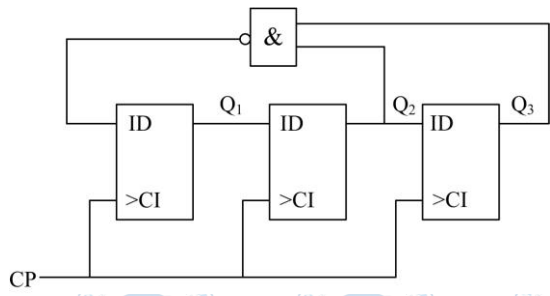


图 2

2. 有一时序电路的状态转移方程为:

$$Q_1^{n+1} = xQ_0^n + \bar{x}Q_1^n\bar{Q}_0^n$$

$$Q_0^{n+1} = \bar{x}$$

$$Y = xQ_1^nQ_0^n$$

请画出用 D 触发器实现的 PLA 逻辑结构图。

3. 图 3 所示为 CMOS 差分放大器原理电路。其中 $M_1 \sim M_2$ 为 NMOS 场效应管, $M_3 \sim M_7$

为 PMOS 场效应管。请说明各 MOS 场效应管在电路中的作用。

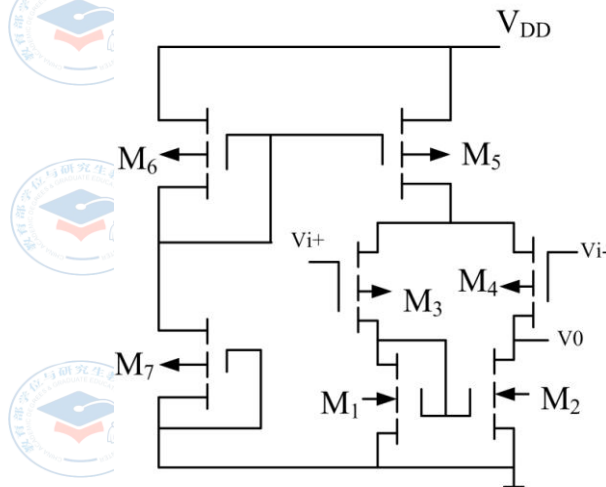


图 3

4. 图 4 所示为由运算放大器 OPA1 和 OPA2 构成的电路, 假定运算放大器具有理想特性,

请分析 OPA1 和 OPA2 构成何种功能电路, 并分析整个电路的输出输入关系式。

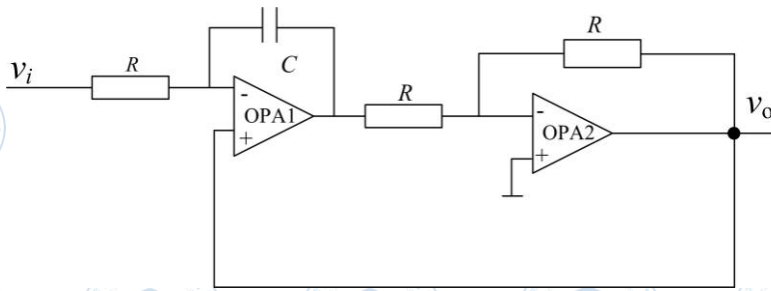


图 4

四、计算题（每小题 2 分，共 4 分）

1. 设系统的时钟频率为 40MHz，要求每个时钟周期读取一个字节的数据，如果使用的是 4096 位的 RAM，且该 RAM 每个时钟周期只能有 1 位数据输出和输入。请回答：

- (1) RAM 器件的最大读写周期；
- (2) 如果系统按字节输出，需要多少根地址线 and 数据线。

2. 图 5 所示为有损 RC 积分器，假定运算放大器具有理想特性，请计算其频域传输函数 $H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)}$

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)}$$

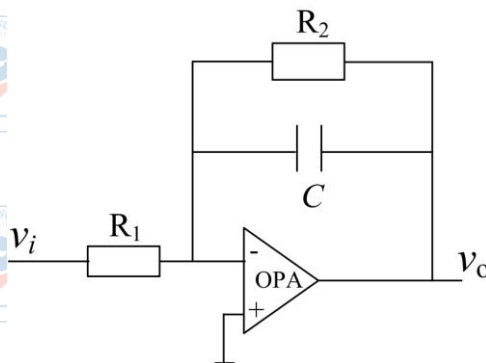


图 5

课程 V 信号处理

(满分 35 分)

一、选择、填空题 (每小题 2 分, 共 20 分; 选择题都是单选, 多选不得分)

1. 以下不正确的选项是 ①。

A. $W_N^{nk} = W_N^{n(k+N)}$

B. $(W_N^{nk})^* = W_N^{-nk}$

C. $W_N^{nk} = W_{mN}^{nmk}$

D. $W_N^{nk} = W_N^{(n+m)k}$

2. 已知某全通系统的系统函数是 $H(z)$, 而 $H(z)$ 的特征多项式是

$A(z) = 1 + 0.9z^{-1} - 0.36z^{-2} + 0.145z^{-3}$, 于是 $H(z) =$ ①。

3. 白噪声激励线性时不变实系统, 得到的输出信号的复功率谱密度是 $S(z)$, 已知

$S(z)$ 具有 2 个零点和 2 个极点, 于是它可能对应的系统函数 $H(z)$ 有 ① 个, 其中有 ② 个是最小相位系统。

4. 线性相位系统 $H(z) = 1 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + b_1z^{-3} + z^{-4}$ 的一个零点是 $z_0 = 0.5e^{j\frac{\pi}{3}}$, 其余 3 个零点是: ①, ② 和 ③。

5. 设一个随机信号的功率谱为 $G(e^{j\omega})$, 通过一个传输函数为 $H(z) = \frac{1}{G(z)}$ 的系统, 其输出信号为 ①。

6. 根据列文森—德宾 (Levinson—Durbin) 算法, 由最优 $m-1$ 阶前向预测误差滤波器的系数 $\{1, a_{m-1,1}, a_{m-1,2}, \dots, a_{m-1,m-1}\}$, 求最优 m 阶系数 $\{1, a_{m,1}, a_{m,2}, \dots, a_{m,m}\}$ 的递推关系式是 ①。($m \neq 0$)

7. 若把维纳滤波器的期望序列改为输入序列, 则维纳滤波器就变成了 ①。

A. 卡尔曼滤波器

B. 递归滤波器

C. 最小二乘滤波器

D. 线性最小预测误差滤波器

8. 随机信号 (不一定是零均值) 的功率谱密度是它的 ① 的傅立叶变换。

A. 自相关函数

B. 自协方差函数

C. 互相关函数

D. 互协方差函数

9. 下列关于周期图法的论述中正确的是 ①。

A. 周期图法是渐近无偏估计

B. 周期图法是一致估计

C. 周期图法是参数模型法

D. 周期图法需要计算相关函数

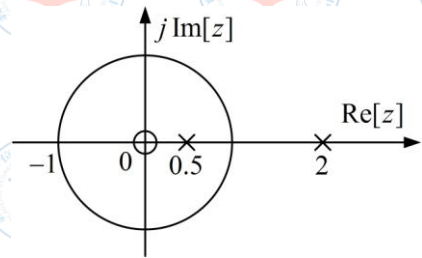
10. 特征分解法谱估计是将自相关矩阵作特征分解, 并把对应空间划分为信号子空间及噪声子空间, 噪声子空间的每一个特征向量与信号向量之间具有 ① 关系, 利用这个关系可以估计复正弦的频率。例如 MUSIC 算法的估计公式是

$$\hat{S}_{MUSIC}(\omega) =$$

②。 ($m \times m$ 自相关矩阵的全体特征向量 $\{\mathbf{q}_k\}_{k=0}^m$ 中, 特征向量 $\{\mathbf{q}_k\}_{k=M+1}^m$ 张成噪声子空间, 信号向量是 $\mathbf{s}(\omega) = [1 \quad e^{j\omega} \quad \dots \quad e^{j\omega(m-1)}]^T$)。

二、计算题 (每小题 5 分, 共 15 分)

1. 已知序列 $x(n]$ 的 z 变换的零极点如图所示 (二个极点, 一个零点), 并已知 $x(n]$ 的傅里叶变换收敛。



(1) 求 $X(z)$ 的表达式和收敛域, 并判断 $x(n]$ 的因果性;

(2) 求 $x(n]$ 的表达式。

2. 若输入信号 $x(n]$ 的自相关矩阵为 $\mathbf{R}_{xx} = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix}$, 输入 $x(n]$ 与期望输出 $d(n]$ 的互相关

关向量为 $r_{xd} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.25 \end{bmatrix}$ 。

(1) 计算维纳滤波器系数;

(2) 计算这个维纳滤波器的最小均方误差。

3. 已知平稳序列 $x(n]$ 是 AR(2) 过程: $x(n) = 0.5x(n-1) + 0.2x(n-2) + w(n)$, 其中 $w(n)$ 是零均值、方差为 $\sigma_w^2 = 1$ 的白噪声。求 $x(n]$ 的功率谱密度 $S_{xx}(\omega)$ 。