

绝密★启用前

2011 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. 已知 $f \in C^3[-1,0]$, $f(-1)=1$, $f(0)=2$, $f'(-1)=3$.

满足条件 $p(-1)=f(-1)$, $p(0)=f(0)$, $p'(-1)=f'(-1)$ 的不超过二次的多项式

$p(x) = \underline{\text{①}}$, 存在 $\xi \in [-1,0]$, 使插值余项

$$f(x) - p(x) = \frac{1}{k!} f^{(k)}(\xi) x(x+1)^2,$$

其中整数 $k = \underline{\text{②}}$.

2. $T_n(x)$ 为 n 次 Chebyshev (切比雪夫) 多项式, 则

$$\int_{-1}^1 \frac{T_0(x)}{\sqrt{1-x^2}} dx = \underline{\text{①}}, \quad \int_{-1}^1 \frac{T_1(x)}{\sqrt{1-x^2}} dx = \underline{\text{②}}.$$

3. 解常微分方程初值问题

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = -200y, & (x \geq 0) \\ y(0) = 1 \end{cases}$$

步长为 h 的 Euler (欧拉) 方法计算公式是:

$$y_{n+1} = \underline{\text{①}}, \quad n = 0, 1, 2, \dots.$$

h 取值范围为 $\underline{\text{②}}$ 时, 方法是绝对稳定的。

4. 如下形式的近似求积公式: $\int_0^1 f(x) dx \approx Af(0) + (1-A)f(1) + Bf'(0)$, 若取 $A = \underline{\text{①}}$,

$B = \underline{\text{②}}$, 可使求积公式有最高的代数精确度。

二、(10 分) 方程 $\cos x - 2x + 2 = 0$ 在 $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ 上有唯一的根 x^* .

(1) 证明解此方程的迭代法

$$x_{n+1} = 1 + \frac{1}{2} \cos x_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

对任意的 $x_0 \in [0, \frac{\pi}{2}]$ 都收敛到 x^* . 并说明方法的收敛阶是多少?

(2) 选二阶收敛的 Newton 法, 写出迭代公式, 取 $x_0 = 1$, 计算 x_1, x_2 , 要求有四位数字。

三、(12 分) 线性方程组

$$\begin{cases} 10x_1 + 4x_2 & = 13, \\ 4x_1 + 10x_2 + 8x_3 & = 11, \\ 8x_2 + 10x_3 & = 25. \end{cases}$$



(1) 将系数矩阵 A 分解为 $A=LU$ ，其中 L 为单位下三角形矩阵， U 为上三角形矩阵。

(矩阵元素用分数或 6 位小数表示)

(2) 分析用 Gauss-Seidel (高斯—塞德尔) 迭代法解此方程组是否收敛? 说明理由。

(3) 列出 Gauss-Seidel 迭代法按分量计算的公式. 令 $x^{(0)}=(0,0,0)^T$ ，求 $x^{(1)}$ 。



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. 静电场 \vec{E} 与静电场标量电位 Φ 之间满足 $\vec{E} = -\nabla\Phi$, 该式表明: 静电场电力线指向静电场标量电位值 ① (请选择“增加”或“降低”) 的方向, 静电场电力线与静电场标量电位等位线 ②。
2. 矢量场 \vec{A} 的散度 $\nabla \cdot \vec{A}$ 代表了该矢量场的 ① (请选择“通量”或“涡旋”) 源密度; 矢量场 \vec{A} 的旋度 $\nabla \times \vec{A}$ 代表了该矢量场的 ② (请选择“通量”或“涡旋”) 源密度。
3. 静电场在越过边界时满足的两个边界条件分别为: ①, ②。
4. 矢量场可以分为保守场和非保守场。在保守场中, 场矢量的线积分值 $\int_C \vec{A} \cdot d\vec{s}$ 与路径的起止点有关, 与路径形状 ①; 保守场总可以表示成一个标量场的 ②。
5. 在静电场问题求解中, 若电荷系统全部分布在空间有限区域内, 则无穷远处可以作为零电位的 ①。
6. 自由空间积分形式麦克斯韦电磁场方程中, 如果所有的物理量都是非时变的, 对应的问题是 ① 电磁场问题, 在这种情况下, 电场和磁场之间 ②。
7. 如果标量 $\Phi(\vec{r})$ 在区域 V 内不为常数, 而且又满足拉普拉斯方程, 则在 V 内不可能存在标量位 $\Phi(\vec{r})$ 的 ① 和极小值。该定理被称为 ② (请选择“极值定理”或“平均值定理”)。
8. 接地导体球壳是否能够屏蔽净电荷量不为零的带电系统产生的场 ① (请选择“能”或“不能”)。

二、问答题 (每小题 5 分, 共 15 分)

1. 为什么说“均匀平面波 (UPW)”是横电磁波 (TEM), 但横电磁波并不一直都是均匀平面波?
2. 请说明 $\vec{E}(\vec{r}, t) = \hat{i}_x E_0 \cos(\beta z) \cos(\omega t)$ 与 $\vec{E}(\vec{r}, t) = \hat{i}_x E_0 \cos(\beta z + \omega t)$ 表示的场有何不同。

3. 为什么说 $\vec{E}(\vec{r}, t) = \hat{i}_y E_0 \cos \omega t$ (V/m) 表示一个线极化波?

三、计算题 (每小题 3 分, 共 6 分)

1. 计算标量场 $f(r) = xy^2z$ 在点 (2, 1, 0) 处的梯度。(注: $\nabla f = \hat{i}_x \frac{\partial f}{\partial x} + \hat{i}_y \frac{\partial f}{\partial y} + \hat{i}_z \frac{\partial f}{\partial z}$)

2. 试证明在一个与 x 和 y 无关的系统中, 无散无旋的矢量场 $\vec{A}(r, t)$ 是一个均匀时变场。

注: $\nabla \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$, $\nabla \times \vec{A} = \hat{i}_x \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) + \hat{i}_y \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) + \hat{i}_z \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right)$

课程 II 半导体物理

(满分 35 分)

一、填空题 (每空 1 分, 共 10 分)

1. 金刚石结构的立方晶胞是由两个 ① 格子, 沿体对角线相对位移 ② 的长度套构而成的。
2. 在包含有 N 个原胞的锗晶体中, 一个布里渊区内允许的 k 值为 ①, 导带中允许的电子态数为 ②。
3. 载流子迁移率的定义是 ①; 决定载流子迁移能力大小的内因是它在运动过程中受到的 ② 的强弱。
4. 在强 n 型硅中, 存在一种浓度为 N_r 、对空穴的俘获系数为 r_p 的复合中心, 由此决定的过剩少数载流子的寿命 $\tau_p =$ ①。如果由表面复合决定的寿命为 τ_s , 则此样品的综合等效寿命 $\tau =$ ②。
5. MOS 结构, 它的电容 C 是由二氧化硅层电容 C_i 和半导体表面电荷层电容 C_s 组成, $C =$ ①; 在半导体表面为多子积累时, $C =$ ②。

二、选择题 (每小题 1.5 分, 共 6 分)

1. 晶体的结合力又称化学键。磷化铟的化学键是:
A. 共价键 B. 离子键
C. 金属键 D. 共价键与离子键的混合键
2. 半导体中费米能级位置与掺杂浓度和温度密切相关。对一弱 n 型硅要使其费米能级移近导带底处, 则需要:
A. 增大杂质浓度并升高温度 B. 增大掺杂浓度并降低温度
C. 减少杂质浓度并升高温度 D. 减少杂质浓度并降低温度
3. 在下列几种器件中, 其伏-安特性具有负微分电导区的是:
A. 一般的硅 pn 结二极管 B. 隧道 pn 结二极管
C. 异质 pn 结二极管 D. 金属-半导体接触的肖特基二极管
4. 半导体中光的本征吸收过程与材料的能带结构有关。在锗和砷化镓中本征吸收限所对应的跃迁过程分别是:
A. 锗中是直接跃迁, 砷化镓中是间接跃迁
B. 锗中是直接跃迁, 砷化镓中是直接跃迁
C. 锗中是间接跃迁, 砷化镓中是间接跃迁
D. 锗中是间接跃迁, 砷化镓中是直接跃迁

三、简答题 (每小题 4 分, 共 12 分)

1. 何谓简并半导体? (2 分) 并请简述杂质浓度、电离能、温度对简并发生的影响作用。(2 分)
2. 一个 pn 结, n 区平衡少子浓度为 p_{n0} 。反偏时, 由于反向“少子抽取”作用, 使得

在 n 区一侧的势垒区边界处的少子浓度变为零。

① 请问此处过剩少子浓度 $\Delta p = ?$ (1.5 分)

② 请写出从反偏撤除开始, 非平衡少子浓度 p 随时间 t 的变化规律。(2.5 分)

3. 一个 p 型硅衬底的 MOS 结构, 金属电极与硅的接触电位差 $V_{ms} = -0.5V$, 二氧化硅层中正电荷引起的平带电压 $V_{FB} = -1.1V$ 。

① 何谓阈值电压? (1 分)

② 接触电位差引起的阈值电压的变化 $\Delta V_{T1} = ?$ (1.5 分)

③ 接触电位差和二氧化硅层中正电荷共同引起的阈值电压的变化 $\Delta V_{T2} = ?$ (1.5 分)

四、计算题 (7 分)

一块被补偿的半导体, 施主浓度 $N_D = 2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 受主浓度 $N_A = 2.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 。

半导体内存在两种散射机构, 它们各自起作用时决定的多子迁移率分别为 $\mu_1 = 1000 \text{ cm}^2 / V \cdot s$, $\mu_2 = 1500 \text{ cm}^2 / V \cdot s$ 。求:

(1) 材料的导电类型和载流子浓度 (2 分)

(2) 两种散射机构同时起作用时的总迁移率 (3 分)

(3) 材料的电导率 (2 分)

(已知电子电荷 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 本征载流子浓度 $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$)

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)

1. 形成光自激振荡的条件是 ① , ② 。

2. 环形腔腔长为 L , 腔内充满折射率为 n 的均匀介质, 腔内插入一光隔离器, 则腔内波场为 ① (驻波、行波), 其纵模间隔为 ② 。

3. 当稳定腔的反射镜面积增大时, 其镜面上的光斑大小 ① (增大、减小、不变), 其腔内的损耗 ② (增大、减小、不变)。

4. 稳定球面腔激光器中，基模激光输出的远场发散角 ① (大于、等于、小于) 高阶模激光输出的远场发散角；基模模体积 ② (大于、等于、小于) 高阶模体积；基模腔内损耗 ③ (大于、等于、小于) 高阶模腔内损耗。
5. 通常将单色性、方向性、相干性和高亮度称为激光的四性，这四性本质上可归结为激光具有很高的 ①。
6. 激光器阈值增益取决于 ① 系数，不同的纵模具有 ② 的阈值增益；不同横模的阈值增益 ③。(②, ③ 选择填“相同”或“不同”)
7. 设某工作物质中的反转粒子数 Δn 均匀分布，入射光频率与工作物质发光频率一致，入射光 I_0 经过工作物质后，当 (1) $\Delta n < 0$ 时，光强 ① (增强、减弱、不变)；(2) $\Delta n = 0$ 时，光强 ② (增强、减弱、不变)；(3) $0 < \Delta n < \Delta n_{th}$ 时，光强 ③ (增强、减弱、不变)。
8. 一非均匀加宽激光器输出 10 个纵模，纵模频率间隔 $\Delta \nu_q = 10\text{GHz}$ ，且各个纵模振幅相等。若采取措施使各个模式间有确定的相位关系，即被锁定。则输出锁模光脉冲的重复频率为 ①，脉冲峰值功率比未锁模时提高了 ② 倍。
9. 兰姆凹陷是指驻波腔单模气体激光器由于 ① 效应，在输出功率与 ② 的关系曲线上形成一个凹陷。

二、问答题 (共 10 分)

1. (4 分) 简述光谐振腔在激光形成过程中所起的作用。
2. (3 分) 调 Q 激光器为了得到高脉冲峰值功率输出，应尽可能提高 $\Delta n_i / \Delta n_t$ (Δn_i 为初始反转粒子数密度， Δn_t 为阈值反转粒子数密度)，请说明如何增大 $\Delta n_i / \Delta n_t$ 比值。
3. (3 分) 掺铒光纤放大器 (EDFA) 结构如图 1 所示，波长为 980nm 的连续泵浦光通过光耦合器注入掺铒光纤，信号光波长为 1550nm。
- (1) 若无信号光 (1550nm) 入射时，请说明放大器输出端是否有光输出？
 - (2) 若 EDFA 的小信号增益为 30dB，输入光功率为 $1\mu\text{W}$ ，EDFA 输出端的光功率为多少？
 - (3) 已知铒离子上能级寿命为 1ms，若输入脉宽为 100ps 的光脉冲，经过 EDFA 放大后会失真吗？为什么？

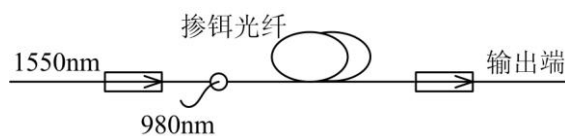


图 1

三、计算题（5分）

1. 已知一连续工作的Nd:YAG激光器，其 E_2 和 E_1 能级的粒子数密度速率方程分别为

$$\frac{dn_2}{dt} = R_2 - \frac{n_2}{\tau_2} - \Delta n \sigma_{21} \nu N_l$$

$$\frac{dn_1}{dt} = \frac{n_2}{\tau_{21}} + \Delta n \sigma_{21} \nu N_l - \frac{n_1}{\tau_1}$$

E_2 的能级寿命 τ_2 与 E_2 到 E_1 能级的自发发射寿命(τ_{21})的比值为0.5, 已知 $\tau_2 = 235\mu\text{s}$ 。

(1) 写出低于阈值的稳态情况下的粒子数密度速率方程；

(2) 在低于阈值的稳态情况下，要达到 $n_1/n_2 < 0.01$ ， E_1 的能级寿命 τ_1 应为多少？

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)

- 8421BCD 代码为 (1100 1001. 1011 0111), 它表示的十进制数为 ①, 十进制数 36.40 的余 3 代码为 ②。
- F 函数的反函数表达式为 $\bar{F}=A+\bar{B}+\bar{C}\bar{D}+(\bar{B}+C+D)(\bar{B}+\bar{C}\bar{D})$, 则该函数的表达式为 $F=$ ①; F 函数的对偶函数表达式为 $F^*=C(\bar{A}+\bar{B})+(\bar{A}+B)\bar{C}$, 则该函数的表达式为 $F=$ ②。
- 将两输入端的与非门改作反相器使用时, 多余的输入端应该接 ① 电平; 将异或门改作反相器使用时, 多余输入端应该接 ② 电平。
- 触发器的触发方式分为直接置位—复位方式、电位触发方式以及 ① 触发方式和 ② 触发方式。
- 根据存取信息方式不同, 半导体存储器可分为顺序存取存储器、① 存储器和 ② 存储器。
- CMOS 集成电路是采用了 ① 沟道和 ② 沟道互补电路。
- MOS 管可以作为电阻使用, 当其工作在线性区时, 电阻受 ① 电压控制, 当其工作在饱和区时, 小信号交流电阻比直流电阻 ②。
- 流水线 A-D 变换器的工作速度比逐次逼近变换器的 ①, 其复杂程度比全并联变换器的 ②。
- 在使用运算放大器的开关电容电路中, 运算放大器的 ① 和 ② 是影响电路特性的主要因素。

二、问答题 (每小题 2 分, 共 10 分)

- 简要说明如何用公式法判别组合逻辑电路有无竞争冒险。
- 简要说明在状态转移表中判断两个状态是否等价的条件。
- 图 1 (a) 和 (b) 所示电路为发光二极管驱动电路, 其中 OC 门的输出低电平 $V_{OL}=0.3V$, 发光二极管的导通电压 $V_D=1.5V$, 电阻 R_1 和 R_2 满足发光二极管发光时对电流的需要。

试问图中所示两电路中，OC 门各在什么情况下发光二极管会发光？

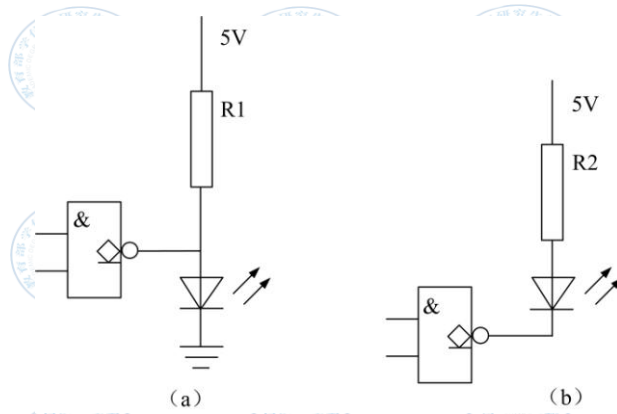


图 1

4. 解释数字系统中常用的名词：

- (1) 阈值电平； (2) 负逻辑； (3) PLA； (4) 刷新。

5. 在正弦信号输入情况下，由于运算放大器的限幅作用产生的失真和由于摆率限制产生的失真有什么不同？

三、分析与设计题（每小题 3 分，共 12 分）

1. 分析图 2 所示电路的逻辑功能，写出电路输出函数 S 的逻辑表达式。

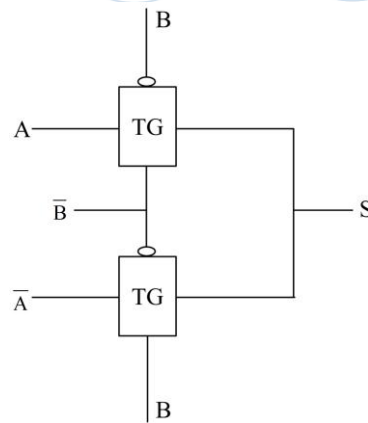


图 2

2. 用 PROM 实现 1 位全加器，画出 PROM 的阵列图。
 3. 图 3 (a) 所示为由运算放大器构成的倒相器电路，给定运算放大器 OPA 的等效电路如图 3 (b) 所示，其中 A_v 为电压控制电压源， A 为电压增益， $v_o = -Av_i$ ，试计算该电路的输出输入关系式。

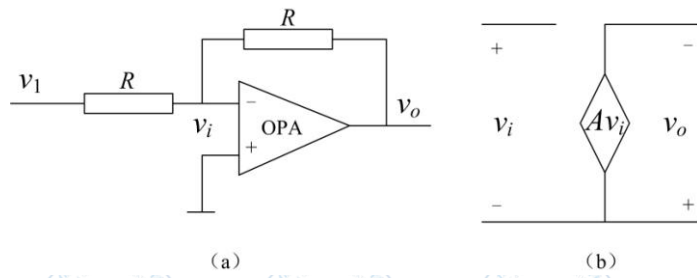


图 3

4. 画出漏极与栅极连接, 衬底与源极连接的 N 沟道增强型 MOSFET 的小信号交流等效电路。

四、计算题 (每小题 2 分, 共 4 分)

1. 由三级 D 触发器构成的移位寄存器和两级与非门构成反馈电路的同步时序电路框图如图 4 所示。

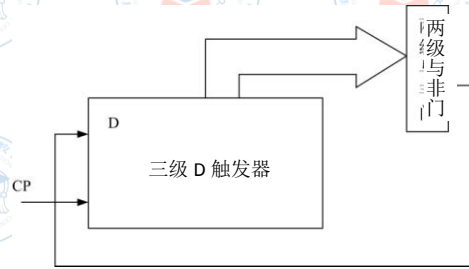


图 4

如果触发器的延迟时间 $t_{pd,CP \rightarrow Q_0} = 20ns$, 数据建立时间 $t_{set} = 10ns$, 数据保持时间 $t_h = 4ns$, 与非门的延迟时间 $t_{pd} = 6ns$ 。请估算该移位寄存器的最高工作频率。

2. 差分放大器简化电路及元件数值如图 5 所示, 试估计该差分放大器的差模增益和共模增益。

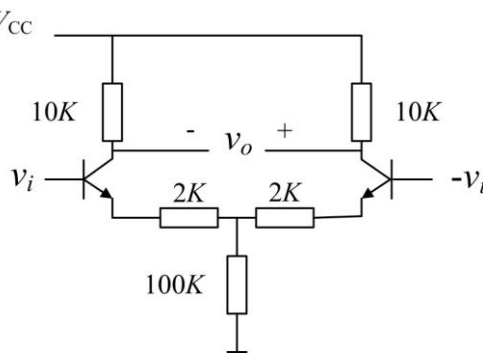


图 5

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)

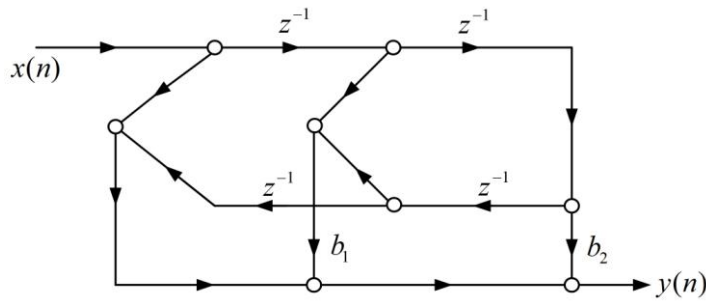
1. 已知序列 $x(n)$ 的 z 变换是 $X(z)$, 于是 $x(n-k)$ 的 z 变换是 ①, 其中 k 是常整数。
2. 关于稳定的线性时不变 (LTI) 系统的如下论述中, ① 是正确的。

- A. 它的单位抽样响应 $h(n)$ 必是左序列
- B. 它的单位抽样响应 $h(n)$ 必是右序列
- C. 它的系统函数 $H(z)$ 的极点位置可以在单位圆上
- D. 它的系统函数 $H(z)$ 的极点位置只有两种可能：全部在单位圆的外部或全部在单位圆的内部

3. 关于 Levinson-Durbin 算法和 Burg 算法正确的是 ①。

- A. Levinson 算法是递归计算，Burg 算法是非递归计算
- B. Levinson 算法基于信号自相关函数计算，Burg 算法基于信号数据计算
- C. Levinson 算法是非递归计算，Burg 算法是非递归计算
- D. Levinson 算法基于信号数据计算，Burg 算法基于信号自相关函数计算

4. 线性时不变 (LTI) 滤波器的流图，如下图所示，其中 $x(n)$ 是输入， $y(n)$ 是输出，



根据流图结构判断它是 ①。

- A. 线性相位滤波器
- B. 最大相位滤波器
- C. 全通滤波器
- D. IIR 滤波器

5. 线性时不变 (LTI) 实系统的单位抽样响应是 $h(n)$ ，它的输入实平稳序列 $x(n)$ 的自相关是 $r_{xx}(n)$ ，于是输出 $y(n)$ 的自相关 $r_{yy}(n)$ 等于 ①。

6. 根据 Levinson-Durbin 算法，最优 m 阶前向预测误差滤波器的预测误差功率 J_m 与 $m-1$ 阶的预测误差功率 J_{m-1} 间的关系式是 ①。

7. 当 p 阶线性预测格型滤波器的输入是 $AR(p)$ 序列时，滤波器前、后向预测误差 $e_p^f(n)$ 和 $e_p^b(n)$ 都变为 ①。

8. 设观测数据向量 $\mathbf{x}(n)$ 构成的向量空间 (数据矩阵) 为 \mathbf{X}_{lm} ，基于最小二乘的线性预测就是 $\mathbf{x}(n)$ 在 \mathbf{X}_{lm} 上的投影，其投影算子 $\mathbf{P}_{lm}(n)$ 为 ①。

9. 已知稳定因果的 $AR(5)$ 模型的系数 $\{a_i\}_{i=0}^5$ (其中 $a_0=1$)，关于它的单位抽样响应序列 $h(n)$ 如下论述中 ① 是不正确的。

- A. $h(0)=1$
- B. 模型系数 $\{a_i\}_{i=0}^5$ 唯一地决定了整个序列 $\{h(n)\}$
- C. $h(n)$ 是无限长序列

D. $h(3)$ 的值由全体系数 $\{a_i\}_{i=0}^5$ 决定

10. 周期图法估计功率谱密度有缺点, 请举出两种改进方法: ① 和 ②。

二、计算题 (每小题 5 分, 共 15 分)

1. 已知 $x(n)$ 是 MA(2) 过程: $x(n) = w(n) + 0.7w(n-1) + 0.3w(n-2)$, 其中 $w(n)$ 是零均值、

$\sigma_w^2 = 1$ 的白噪声。求:

① 系统的单位抽样响应 $h(n)$;

② $x(n)$ 的自相关序列 $r_{xx}(m)$;

③ $x(n)$ 的功率谱密度 $S_{xx}(\omega)$ 。

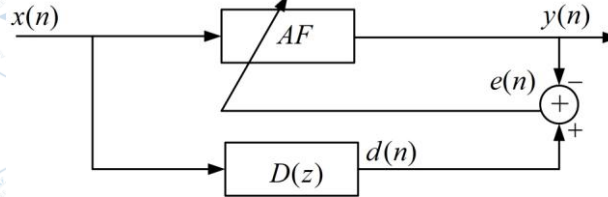
2. 自适应滤波器 (AF) 由 FIR 滤波器构成, 自适应权系数为 w_0, w_1 和 w_2 ; 输入 $x(n)$ 是白噪过程, 它的均值为 0, 方差 $\sigma_w^2 = 1$; 参考信号 (期望信号) $d(n)$ 是 $x(n)$ 通过线

性滤波器 $D(z) = 0.3 + 0.5z^{-1} + 0.2z^{-2}$ 产生 (如下图所示), 试:

① 写出误差信号 $e(n)$ 的表达式;

② 写出误差性能函数 $\xi = E[e^2(n)]$ 的表达式;

③ 求出最优滤波时的 w_0, w_1 和 w_2 。



3. 设 $H_L(z)$ 和 $H_H(z)$ 分别表示截止频率为 $\omega_c = \frac{\pi}{2}$ 的理想低通滤波器和理想高通滤波

器的系统函数, 试确定以下图所示的离散线性系统的系统函数 $H_1(z) = \frac{Y_1(z)}{X(z)}$ 和

$H_2(z) = \frac{Y_2(z)}{X(z)}$, 并画出其幅度响应。

