

111年專門職業及技術人員高等考試建築師、
31類科技師（含第二次食品技師）、大地工程
技師考試分階段考試（第二階段考試）
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試
類 科：電子工程技師
科 目：通訊系統
考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、考慮一個隨機程序（random process） $x(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \Theta)$ ，其中 A 與 Θ 為獨立（independent）隨機變數（random variable）， Θ 是一個在 $[0, 2\pi]$ 內均勻分布的隨機相位變數， f_0 是一個固定頻率。

(一)請計算並說明 $x(t)$ 為何是一個廣義穩態（WSS）的隨機程序。（7 分）

(二)將 $x(t)$ 輸入一個線性非時變（LTI）系統且此系統的脈衝響應（impulse response）為 $h(t)$ ，請計算輸出的期望值為何？（3 分）

二、有一類比調變（analog modulation）訊號 $x(t) = m(t)c(t)$ ，其中 $m(t)$ 代表訊息訊號（message signal）， $c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$ 代表載波訊號（carrier signal）。此外 $M(f)$ 是 $m(t)$ 之傅立葉轉換（Fourier transform）， $X(f)$ 是 $x(t)$ 之傅立葉轉換， $\hat{m}(t)$ 是 $m(t)$ 之希爾伯特轉換（Hilbert transform）， $\hat{M}(f) = M(f)(-j)\text{sgn}(f)$ 是 $\hat{m}(t)$ 之傅立葉轉換。

(一)請利用 A_c 、 f_c 與 $M(f)$ 來表示 $X(f)$ 。（4 分）

(二)如果 $s(t)$ 之傅立葉轉換為

$$\frac{1}{4}A_c [M(f + f_c) + M(f - f_c)] + \frac{1}{4}A_c [M(f + f_c)\text{sgn}(f + f_c) - M(f - f_c)\text{sgn}(f - f_c)],$$

請利用 $m(t)$ 與 $\hat{m}(t)$ 來表示 $s(t)$ ，同時請寫出 $s(t)$ 的調變名稱。（6 分）

三、考慮一個 8-ary 脈衝振幅調變 (pulse amplitude modulation)，若在一
個符號 (symbol) 時間為 T 的區間，接收訊號為 $y(t) = xp(t) + n(t)$ ，其中
 $x \in (\frac{-7}{2}d, \frac{-5}{2}d, \frac{-3}{2}d, \frac{-1}{2}d, \frac{1}{2}d, \frac{3}{2}d, \frac{5}{2}d, \frac{7}{2}d)$ 是傳送符號振幅且有相同的傳送
機率， $p(t)$ 代表時間長度為 T 且能量為 1 的傳送波形， $n(t)$ 代表白高斯
雜訊 (white Gaussian noise)。

(一) 若 $p(t)$ 為方波 (rectangular pulse)，請計算其振幅與零點到零點頻寬
(null-to-null bandwidth)。(5 分)

(二) 請計算此調變之平均訊號能量。(5 分)

(三) 若傳送 $x = \frac{-7}{2}d$ 產生的符號錯誤機率為 h ，請計算平均符號錯誤機率。
(10 分)

四、若使用一個時間長度為符號時間長的方波來傳送兩種調變訊號 (M-QAM
與正交 (orthogonal) 同調 (coherent) M-FSK) 至中心頻率為 600 MHz
的射頻通道。

(一) 若位元率 (bit rate) 為 24 Mbps，當 $M = 16$ 時，請計算以上兩種調變
需要的零點到零點頻寬。(7 分)

(二) 以在可加性白高斯雜訊 (AWGN) 通道之符號錯誤機率的表現來考量，
請將 8-FSK, 64-QAM 與 64-FSK 依序從最好到最差排列。(3 分)

(三) 若改採用一個衰減因子 (roll-off factor) 為 0.2 的升餘弦濾波器 (raised
cosine filter) 來傳送，若要達到位元率為 24 Mbps，請計算 16-QAM 需
要的射頻通道頻寬。(5 分)

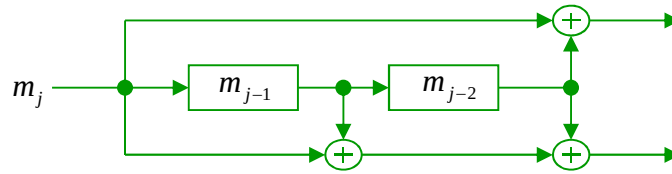
五、考慮自由空間傳播模型 (free space propagation model)，

$P_r(d) = P_r(d_0) \left(\frac{d_0}{d} \right)^n$ ， $d \geq d_0$ ，其中 $P_r(d)$ 是與傳送端距離為 d 的接收功率，
 d_0 是參考距離 (reference distance)， n 是路徑損失指數 (path loss
exponent)。此外以 $PL(d)$ 代表在距離為 d 的路徑損失 (path loss)， $\overline{PL}(d)$
代表在距離為 d 的平均路徑損失。

(一) 請推導出 $\overline{PL}(d)$ (dB) 與 $\overline{PL}(d_0)$ (dB) 的關係式。(5 分)

(二) $PL(d)$ (dB) 通常表示為對數常態陰影 (log-normal shadowing) 模型，請
寫出此方程式並說明。(5 分)

六、下圖為一摺積編碼器 (convolutional encoder)，其中 m_j 為目前輸入位元， $\oplus$ 為 modulo-2 加法，其狀態 (state) 由 (m_{j-1}, m_{j-2}) 表示，初始狀態為 $(0,0)$ ，輸出位元依序先上後下來輸出。



- (一)請繪出其狀態圖 (state diagram)。(5 分)
- (二)若輸入位元為 $(110100\dots)$ ，請計算輸出位元。(5 分)
- (三)若接收位元為 $(111110010111\dots)$ ，請繪出格狀圖 (trellis diagram)，使用以漢明距離 (Hamming distance) 考量的維特比演算法 (Viterbi algorithm)，求出解碼後的輸入位元。(10 分)

七、在一輛速度為 54 km/hr 的車上，一個位元率為 100 kbps 的 BPSK 訊號被傳送至中心頻率為 6 GHz 的射頻通道。

- (一)請計算最大都普勒偏移 (Doppler shift)。(5 分)
- (二)請說明此為快速衰減 (fast fading) 還是緩慢衰減 (slow fading)？(5 分)
- (三)請說明在何條件下會形成平坦衰減 (flat fading)？(5 分)