

113年專門職業及技術人員高等考試建築師、
32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)禁止使用電子計算器。

(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。

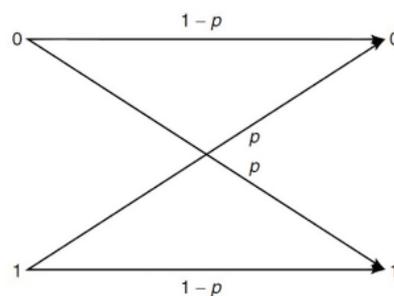
一、有一隨機過程（random process） $X(t) = A\cos(2\pi f_c t)$ ，其中 A 是一均值（mean）為 0、變異數（variance）為 σ_A^2 的高斯分布（Gaussian-distributed）

隨機變數。假設 $Y(t) = \int_0^t X(\tau) d\tau$ ，則：

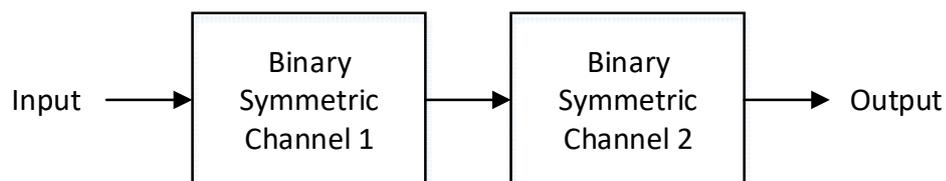
(一)請求 $Y(t)$ 的機率密度函數（probability density function）。（10 分）

(二)請問 $Y(t)$ 是否為遍歷過程（ergodic process）？為什麼？（5 分）

二、二元對稱通道（binary symmetric channel, BSC）是一種特殊的離散無記憶通道（discrete memoryless channel），它的輸入（或傳送端）有兩個符號（ $x_0 = 0, x_1 = 1$ ），輸出（或接收端）也有兩個符號（ $y_0 = 0, y_1 = 1$ ），而且發送 0 而接收到 1 的機率與發送 1 而接收到 0 的機率都是 p ， $p < 1$ ，其輸入與輸出的轉移機率（transition probability）如下圖所示：

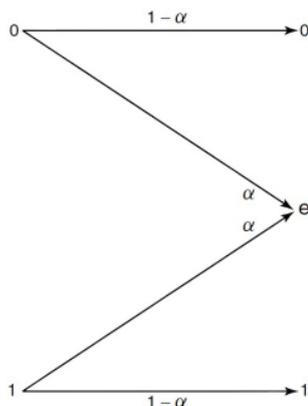


(一)將兩個具有相同轉移機率的二元對稱通道串接（cascade）在一起，如下圖所示：



假設傳送端傳送符號“0”的機率為 p_0 ， $p_0 < 1$ ，傳送符號“1”的機率為 $1 - p_0$ ，請計算此串接通道的通道容量。（10 分）

(二)資料經由通道傳輸時，由於通道的不理想性可能會對傳輸的資料帶來不確定的錯誤。二元刪除通道 (erasure channel) 是一種具有錯誤的傳輸通道，其輸入 (或傳送端) 有兩個符號(0,1)，而輸出 (或接收端) 有三個符號(0,e,1)，輸入與輸出的轉移機率如下圖所示：



二元刪除通道可用來模擬一簡易的廣播頻道；當傳送端發送”0”時，接收端收到正確資料”0”的機率是 $1-\alpha$ ， $\alpha < 1$ ，但也有機率是 α 的可能造成資料遺失；相同的，當傳送端發送”1”時，接收端收到正確”1”的機率是 $1-\alpha$ ，但也有機率是 α 的可能造成資料遺失，遺失的資料都記之為”e”，請計算此二元刪除通道的通道容量。(10分)

(三)承題(二)，關於不理想的通道效應，可用通道編碼 (channel coding) 將遺失的資料正確還原回來。假設利用一個線性區塊碼 (linear block code) 來克服二元刪除通道所引起的傳輸錯誤，其奇偶檢查矩陣 (parity-check matrix) 如下所示：

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}。$$

假設經由二元刪除通道的傳送，接收端收到(1,0,e,e,e,1)，其中包含三個遺失資料”e”。請問利用該線性區塊碼是否可將遺失資料正確的還原回來？若可，請求正確的接收資料。若否，請說明為什麼？(10分)

五、4K-QAM (或 4096-QAM) 是 IEEE 802.11be (Wi-Fi 7) 所使用的調變 (modulation) 方式,

(一)請說明何謂正交振幅調變 (quadrature amplitude modulation, QAM) ? (5分)

(二)一般可以用調變信號的星座圖 (constellation) 來表示不同的數位調變方式。在一個具有正方形星座圖 (square constellations) 的 M-QAM 信號調變, 也就是 \sqrt{M} 也是一個 2 的指數次方 (power of 2), 假設 E_0 為星座圖上的單位能量, 請計算該 M-QAM 信號調變的平均信號能量 (average signal energy)。現有兩種不同調變信號: 4096-QAM 及 1024-QAM, 請比較上述兩種不同調變信號的平均信號能量 (average signal energy)。若要使兩種不同調變信號達到相同的傳輸效能, 請問使用 256-QAM 要提高多少 dB 的平均能量? (10分)

(三)從星座圖上看, 一個正方形星座圖的 QAM 可以將其拆解成兩個對應的脈波振幅調變 (pulse-amplitude modulation, PAM) 的乘積。假設在加性高斯白雜訊 (additive white Gaussian noise, AWGN) 通道下, 一個 L-PAM 調變的符元錯誤 (symbol error) 機率為 P_e , 可表示為:

$$P_e = (1 - \frac{1}{L}) \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E}{N_0}} \right), \text{ 且 } P_e^2 \ll P_e。$$

在相同的 AWGN 通道下, 請利用 L-PAM 調變的符元錯誤機率 P_e 計算出一個正方形 M-QAM 調變的符元錯誤機率。(10分)