

考試別：警察人員考試

等別：三等考試

類科組別：交通警察人員電訊組

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)本科目得以本國文字或英文作答。

一、有一個頻寬 (bandwidth) 為 W 的基頻訊號 (baseband signal) $x(t)$ ，我們準備對它做調變 (modulation)。在此我們考慮兩種不同的調變方式，他們所對應的訊號分別為 $s_1(t) = A_c \cdot x(t) \cdot \cos(\omega_c t)$ 以及 $s_2(t) = B_c \cdot [1 + \mu \cdot x(t)] \cdot \cos(\omega_c t)$ ，其中的 A_c 、 B_c 、 μ 、 ω_c 為常數，而且 $\omega_c \gg W$ 。

(一) $s_1(t)$ 算是屬於下列所列的調變的那一種：調頻 (frequency modulation)、調幅 (amplitude modulation)、調相 (phase modulation)？(3分)

(二) $s_2(t)$ 算是屬於下列所列的調變的那一種：調頻、調幅、調相？(3分)

(三) 以訊號所需占用的頻寬而言，下列敘述何者為真： $s_1(t)$ 較大、 $s_2(t)$ 較大、兩者相等？(4分)

(四) 在 $s_2(t)$ 之中， μ 稱為調變指數 (modulation index)，是一個正數。在此我們假設 $|x(t)|$ 的最大值為 2.5。若是我們希望可以用包封偵測器 (envelope detector) 來對 $s_2(t)$ 作解調 (demodulation)，那麼 μ 應小於某一門檻值；請問此門檻值的數值為何？(5分)

(五) 相對於 $s_2(t)$ 而言， $s_1(t)$ 所需要的解調器 (demodulator) 較複雜；請說明其複雜之所在。(5分)

(六) 假設 $\omega_c = 200 \times 10^6 \times 2\pi$ rad/s，那麼在接收 $s_1(t)$ 的時候所要使用的天線的大小，在下列選項中，那一個才是合適的：10 m、1 m、10 cm、1 cm？(附註：電波傳送的速度等於光速，也就是 3×10^8 m/sec)(5分)

二、有一個線性非時變 (linear time-invariant) 的系統，我們將它稱為 S ，其脈衝響應 (impulse response) 為 $h(t) = e^{-t} \cdot u(t)$ ，其中的 $u(t)$ 為 $u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

(一) 請找出 S 的轉換函數 (transfer function)。(5分)

(二) 有一個訊號 $x(t) = u(t) - u(t-1)$ ，我們將它灌入 S 之中；請找出對應的輸出 (output)。(10分)

三、我們考慮一個數位通訊系統，其傳送端傳送的訊號，在每一個訊符時間（symbol duration）內有四種可能，分別為

$$s_1(t) = \cos(\omega_0 t) + \sin(\omega_0 t) \text{、} s_2(t) = -\cos(\omega_0 t) + \sin(\omega_0 t) \text{、}$$

$$s_3(t) = \cos(\omega_0 t) - \sin(\omega_0 t) \text{、} s_4(t) = -\cos(\omega_0 t) - \sin(\omega_0 t) \text{。}$$

- (一)在每一個訊符時間內，有多少個位元被傳送出去？（3分）
- (二)這樣的調變（modulation）方式的名稱為何？請寫出此調變的英文縮寫及全名。（3分）
- (三)請畫出此調變的星座圖（constellation diagram），並在此星座圖中標出訊符與位元串的對應關係，同時這些位元串必須以格雷碼（Gray code）加以編列。（6分）
- (四)此系統的接收端在做解調（demodulation）的時候，應該使用下列選項中的那種方式：同調（coherent）解調、非同調（non-coherent）解調或兩者均可？（3分）
- (五)所謂同調解調，指的是接收端的同步電路（synchronization circuit）必須要截取出有關於載波（carrier）的那些訊息？（5分）

四、在通訊網路中以封包（packet）形式傳送資料時，封包之中會帶有循環冗餘校驗碼（cyclic redundancy check，簡稱CRC）的部分；本題目就以一個簡單的例子來探討CRC的計算及使用。假設我們的原始資料長度為8個位元，我們使用生成多項式（generator polynomial） $x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$ （可以對應成位元串表示法：[11111]），經過計算以後產生4個校驗位元（parity bits），形成一個總共有 $8 + 4 = 12$ 個位元長的封包。

- (一)在傳送端，假設我們有一個資料位元串為 [11100101]（可以對應成多項式表示法： $x^7 + x^6 + x^5 + x^2 + 1$ ），請找出加上CRC之後的封包（共有12個位元）。（5分）
- (二)假設我們在接收端收到了下面這個封包：[101101001001]，我們是否應該將它判定成其中有錯誤？（請顯示推論或計算過程）（5分）
- (三)在本題目的場景設定之中，接收端經由CRC校驗判定封包沒有錯誤但其實卻非如此的情況是有可能發生的，其機率為何？（5分）
- (四)在使用CRC機制的時候會需要用到除法器。若是用電路來實作時，除法器可以用線性回饋移位暫存器（linear feedback shift register，簡稱LFSR）來實現。針對本題目中的生成多項式（也就是 $g(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$ ），請畫出「除以 $g(x)$ 」的LFSR除法器電路。（5分）

- 五、在無線通訊之中，分集 (diversity) 是一個常用的技術，使用的場景是針對傳送端所送出的同一個訊號 (例如： x)，接收端收到了若干個互相獨立 (或者至少是高度不相關 (highly uncorrelated)) 的不同版本的訊號 (例如： $y_1 = h_1 \cdot x + n_1$ 、 $y_2 = h_2 \cdot x + n_2$ 、 \dots)，各自經過了不同通道的訊號衰減 (fading) 以及加雜訊 (noise)。接收端要把這些訊號作合併，這個動作稱為分集合併 (diversity combining)，然後再根據合併所得的結果去做進一步的有關判定 (decision)。常見的分集合併的方式有三種，分別為：選擇式合併 (selection combining, 簡稱 SC)、等增益式合併 (equal-gain combining, 簡稱 EGC)、以及最大比值式合併 (maximum ratio combining, 簡稱 MRC)。在本題目中，我們假設接收端從三個不同的路徑 (path) 收到訊號，其數值分別為 0.73、-0.24、0.47，而且經過通道估測 (channel estimation) 得知這三個路徑的訊雜比 (signal-to-noise ratio, 簡稱 SNR) 分別為 0.36、0.16、0.49 (三個訊號數值與三個訊雜比為依序對應)。
- (一) 若是依據 SC 作合併，那麼合併所得的訊號數值為何？ (5 分)
- (二) 若是依據 EGC 作合併，那麼合併所得的訊號數值為何？ (5 分)
- (三) 若是依據 MRC 作合併，那麼合併所得的訊號數值為何？ (5 分)
- (四) 在本小題中我們假設通道中的雜訊為高斯白雜訊；若是依據 MRC 作合併，那麼合併所得的 SNR 為何？ (5 分)
- (請注意：針對所有小題，都必須顯示計算或推論過程)