

類 科：電信工程
科 目：通信與系統
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、請問以下訊號是否具有週期性 (periodic)？若是，請求其週期 (period)；若否，請說明為什麼？

(一)取樣後 (sampled) 的離散時間 (discrete-time) 訊號 $x[n] = A\cos(2\pi f_0 n)$ ，其中 A 為常數。(10 分)

(二)連續時間 (continuous-time) 訊號 $x_1(t) = 2\cos(2t) + 4\sin(6\pi t)$ 。(5 分)

(三)連續時間訊號 $x_2(t) = 4\sin(6\pi t) + 7\cos(30\pi t)$ 。(5 分)

二、假設 $x(t)$ 與 $y(t)$ 分別為線性非時變 (linear time-invariant, LTI) 系統的輸入訊號與輸出訊號，已知若 $x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{j2\pi n f_0 t}$ ，則

$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{-j2\pi n f_0 t_0} e^{j2\pi n f_0 t}$ ，其中 t_0 為常數。請回答以下的問題：

(一)如果輸出訊號為 $y(t) = A\cos(2\pi f_0 t)$ ， A 為常數，請求輸入訊號 $x(t)$ 以及 t_0 。(10 分)

(二)如果輸入訊號 $x(t) = A\cos(2\pi f_0 t) + A\sin(2\pi f_0 t)$ ，請求輸出訊號 $y(t)$ 。(5 分)

三、假設一線性非時變 (linear time-invariant, LTI) 系統的輸入訊號 $x(t)$ 與輸出訊號 $y(t)$ 滿足以下的微分方程式 (differential equation)：

$$\frac{dy(t)}{dt} + ay(t) = b \frac{dx(t)}{dt} + cx(t),$$

其中 a 、 b 、 c 為非負常數 (non-negative constant)。如果該線性非時變系統的頻率響應 (frequency response) 為 $H(f)$ ，請求該線性非時變系統的振幅響應 (amplitude response) $|H(f)|$ 以及相位響應 (phase response) $\angle H(f)$ 。(10 分)

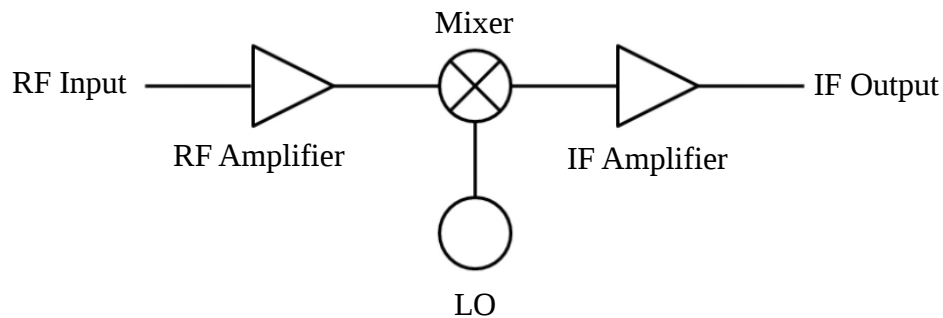
四、傳統振幅調變 (amplitude modulation, AM) 訊號可由以下方程式表示：

$$x_c(t) = A_c[1 + am_n(t)]\cos(2\pi f_c t),$$

其中 $A_c \cos(2\pi f_c t)$ 為載波、 $m_n(t)$ 為欲傳送的訊息、參數 a 為調變指數 (modulation index)。傳統振幅調變系統的效率 E_{eff} 可定義為：該 AM 訊號的邊帶功率 (sideband power) 與調變訊號的總功率的比值，也就是 $E_{eff} = \frac{\text{sideband power}}{\text{total power}}$ 。考慮以下的 AM 訊號：

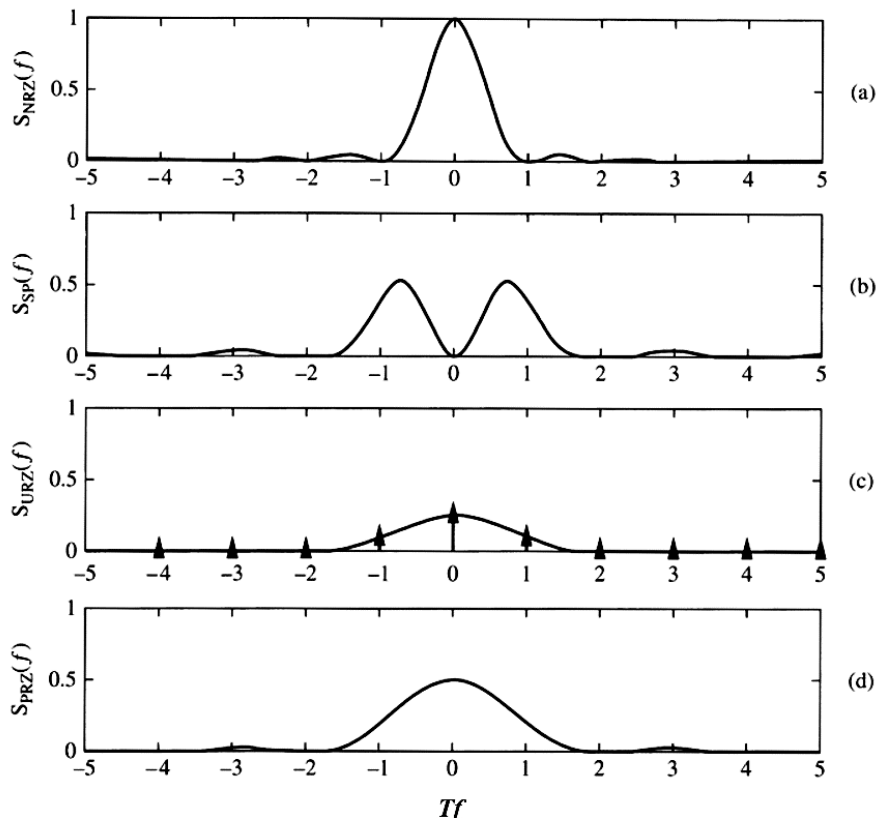
$x_c(t) = A\cos(400\pi t) + B\cos(360\pi t) + B\cos(440\pi t)$ ， A 、 B 為常數，請求該 AM 調變系統的載波、載波功率 P_0 、欲傳送的信息、調變指數、以及調變效率 E_{eff} 。(10 分)

五、超外差接收器 (Superheterodyne receiver)，如下圖所示，是一種射頻 (radio frequency, RF) 接收器。



它是利用一可調之振盪器，通常稱為本地振盪器 (local oscillator, LO)，將 LO 所產生之訊號與接收的 RF 高頻訊號經由混合器 (Mixer) 混合，產生一固定頻率的中頻 (intermedia frequency, IF) 訊號。這個固定且較低的 IF 訊號可以被後端的解調器 (demodulator) 解調出來。將高頻的 RF 訊號轉成較低頻的 IF 訊號的優點，在於可解決高頻放大器增益不足的問題。假設一超外差接收器的固定 IF 訊號頻率為 $f_{IF} = 455 \text{ kHz}$ 。若我們想利用該超外差接收器來接收 $f_{RF} = 1120 \text{ kHz}$ 的高頻 RF 訊號，請設計兩個可能的本地振盪器 (LO) 的頻率 f_{LO} 。(10 分)

六、線路碼 (line code) 是利用傳輸通道 (如光纖) 特性而進行數位訊號傳輸的編碼方式。以二進位元 (binary bit) 為例，一般線路碼會使用不歸零 (nonreturn-to-zero, NRZ) 編碼或歸零 (return-to-zero, RZ) 編碼等兩種方式 (或其變形)，來表示二進位元資料流 (binary stream)。NRZ 編碼會以高電位 (如 A 或是 1 伏特) 來表示 "1"；以低電位 (如 -A 或是 -1 伏特) 來表示 "0"。RZ 編碼則不同，顧名思義，歸零編碼的二進位元的脈波，在該位元結束時會回到 0 伏特或中間值。除了 NRZ 碼以及 RZ 碼之外，常見的線路碼還包括：分相 (split phase, SP) 碼、單極歸零 (unipolar RZ, URZ) 碼、以及極歸零 (polar RZ, PRZ) 碼等。不同的線路碼會有不同的二進位脈波格式，因此也會有不同的功率譜密度 (power spectra)。下圖是 NRZ、SP、URZ、以及 PRZ 等 4 種不同線路碼的 power spectra 圖形：

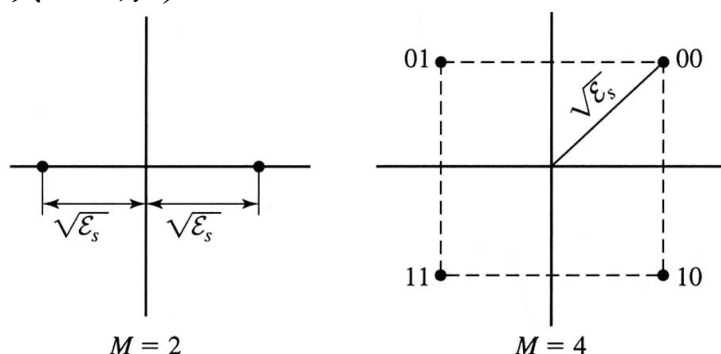


請回答以下的問題：(每小題 5 分，共 15 分)

- (一)如果傳輸通道的頻寬為 4 kHz，請決定上述四種不同線路碼的傳輸資料速率 (data rate)。
- (二)如果傳輸通道的頻率響應在 $f = 0$ Hz 有一個零點 (zero)，請問我們該選用那一種線路碼？為什麼？
- (三)假設 NRZ 碼的平均傳輸功率 P_{NRZ} 為 1 W，請問上述四種不同線路碼，那一種線路碼的平均傳輸功率最低？為什麼？

七、相位偏移 (phase-shift keying, PSK) 調變是一種利用相位差異的訊號來傳送資料的數位調變方式，其中二進制相位偏移 (binary phase-shift keying, BPSK) 是 PSK 調變系列中最簡單的一種。BPSK 調變使用兩個相位差 180° 且正交的訊號來表示 "0" 以及 "1"。另一方面，四位元相位偏移 (quadrature phase-shift keying, QPSK) 調變，則是利用四個相位差、各別相差 90° 的訊號，一次傳送兩個位元："00"、"01"、"10"、"11"。為了比較 BPSK 以及 QPSK 調變系統，我們使用以下的訊號星座圖 (constellation diagram) 來描述兩個不同的調變系統：

(每小題 5 分，共 10 分)



- (一)在加成性高斯白雜訊 (additive white Gaussian noise, AWGN) 通道下，分別使用 BPSK 以及 QPSK 進行數位訊號調變，假設兩個調變系統的資料傳輸率 (transmission rate) 相同，在使用相同的傳輸能量條件下，請比較 BPSK 與 QPSK 系統的位元錯誤率 (bit error rate, BER)，那一種調變技術表現較好？為什麼？
- (二)在加成性高斯白雜訊通道下，分別使用 BPSK 以及 QPSK 進行數位訊號調變，假設兩個調變系統的傳輸頻寬 (transmission bandwidth) 相同，在相同的訊雜比 (signal-to-noise ratio, SNR) 條件下，請比較 BPSK 與 QPSK 系統的位元錯誤率，那一種調變技術表現較好？為什麼？

八、霍夫曼訊源編碼 (Huffman source coding) 是一種無失真資料壓縮的熵 (entropy) 編碼演算法。考慮一個包含 12 個不同輸出、每一個出現機會均等 (equally likely) 的訊號源，請利用霍夫曼編碼對該訊號源進行編碼，並求編碼後的平均碼長 (average word-length)。(10 分)