

114年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員、
國家安全局國家安全情報人員、移民行政人員考試及
114年特種考試退除役軍人轉任公務人員考試試題

考試別：國家安全情報人員考試

等別：三等考試

類科組別：電子組（選試英文）

科目：通訊系統

考試時間：2 小時

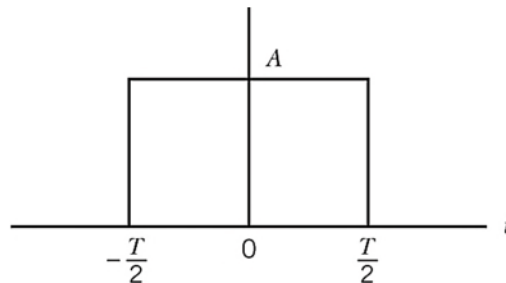
座號：_____

※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、假設 $g_1(t) = \cos(2\pi f_c t)$ ，其中 $-\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2}$ 、 f_c 為頻率。 $g_2(t)$ 為一方波，如下圖所示：



若 $g(t) = g_1(t)g_2(t)$ ，請求 $g(t)$ 的傅立葉轉換 (Fourier transform)。(15 分)

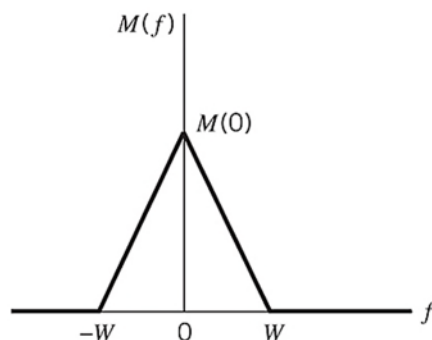
二、非線性平方律偵測器 (square-law detector) 常用於傳統振幅調變 (amplitude modulation, AM) 系統的調變器與解調器設計中。考慮下列的平方律偵測器

$$v_2(t) = a_1 v_1(t) + a_2 v_1^2(t)$$

其中 a_1 以及 a_2 為常數， $v_1(t)$ 為輸入訊號，而 $v_2(t)$ 為輸出訊號。

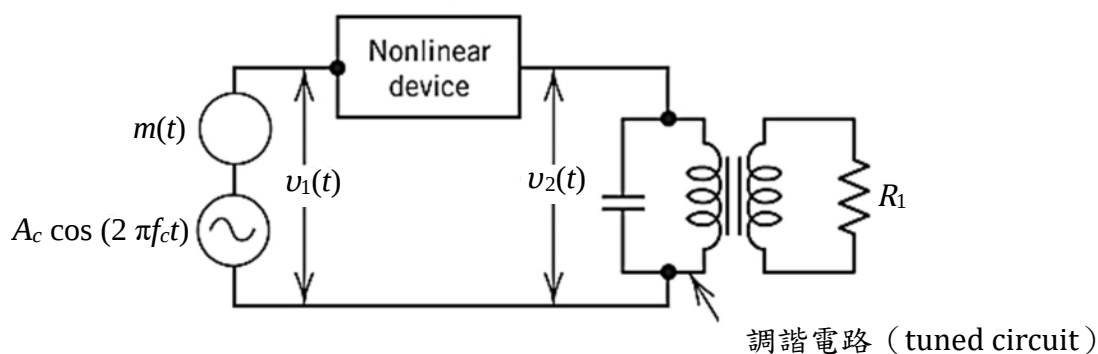
(一)假設輸入訊號 $v_1(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + m(t)$ ，其中 $m(t)$ 為欲傳送的信息 (message) 而 $A_c \cos(2\pi f_c t)$ 為載波 (carrier wave)。請求該平方律偵測器的輸出訊號 $v_2(t)$ 。(5 分)

(二)承(一)，假設欲傳送的信息 $m(t)$ 為一頻寬為 W 的基頻信號，其頻率響應 (frequency response) $M(f)$ 如下所示：



假設載波的頻率 $f_c > 3W$ ，根據 $M(f)$ ，請描繪出輸出訊號 $v_2(t)$ 的頻率響應 $V_2(f)$ 。(5 分)

(三)承(二)，假設我們想利用以下的調諧電路 (tuned circuit) 來產生一 AM 信號，如下圖所示：



請設計該協調電路使之能產生一 AM 信號。(10 分)

(四)承(三)，請計算該 AM 信號的振幅靈敏度 (amplitude sensitivity) k_a 。(5 分)

三、假設 $s(t) = \cos(400\pi t) + 0.5\cos(12000\pi t)$ ，將 $s(t)$ 以取樣頻率 (sampling frequency) $f_s = 10$ kHz 進行取樣可得離散時間訊號 (discrete-time signal) $s[n]$ ，請描繪出 $s[n]$ 的頻譜 (spectrum)。請問所得的 $s[n]$ 是否滿足奈奎斯特取樣定理 (Nyquist Sampling Theorem)？(10 分)

四、差量調變 (delta modulation, DM)，是一種類比轉數位 (ADC) 和數位轉類比 (DAC) 的轉換技術，與一般 ADC/DAC 方式不同，差量調變並不是以奈奎斯特頻率 (Nyquist frequency) 直接對原始類比訊號進行取樣 (sampling) 與量化 (quantization)，而是利用一高速的過取樣頻率 (oversampling frequency)，將類比訊號先切成一連串的小片段，並以一決策線路 (threshold circuit) 判斷該小片段訊號 (或稱估算值) 與實際類比訊號的差值。如果這個差值為正，則差量調變系統送出正脈衝 (pulse) Δ ；反之，若為負，則系統送出負脈衝 $-\Delta$ 。差量調變的解碼器其實只需要一個積分器 (integrator)，累加編碼端所送出的正負脈衝值 ($\pm\Delta$)，即可得到解碼訊號。但是，有時解碼器所重建之訊號，其波形會趕不上原類比訊號而產生較大的錯誤 (error)，這種問題稱之為差量調變的斜率超負載 (slope overload)。

(一) 假設原始類比訊號為振幅 A_m 、頻率 f_m 的弦波 $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$ 。將 $m(t)$ 通過一差量調變調變器，該調變器的正負脈衝值為 Δ 、取樣時間

(sampling period) 為 T_s 。請證明如果 $A_m > \frac{\Delta}{2\pi f_m T_s}$ ，則該差量調變將

出現斜率超負載 (slope overload) 的問題。(15 分)

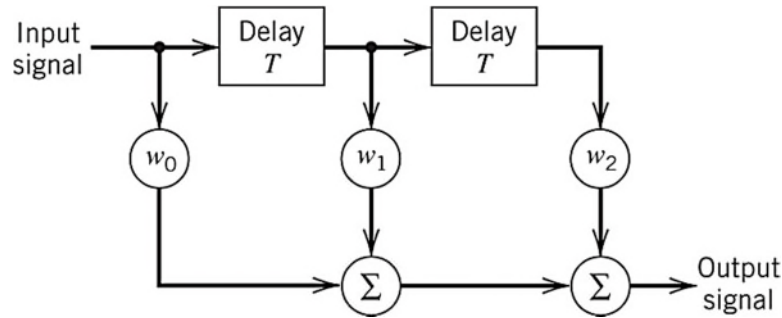
(二) 假設我們利用差量調變對一語音信號進行 ADC 的轉換。一般語音為一有限頻寬 (band-limited) 信號，其頻寬為 3.4 kHz。所使用的差量調變編碼器的規格如下：取樣頻率 f_s 為該語音信號的 10 倍奈奎斯特頻率、正負脈衝值 $\Delta = 100$ mV (毫伏特)。假設輸入信號為頻率 $f_m = 1$ kHz 弦波，若該差量調變的編碼器並不會產生斜率超負載問題的條件下，請計算該弦波的最大振幅為多少伏特？(5 分)

五、多重路徑干擾 (multipath distortion) 是一般無線傳輸通道的非理想效應。考慮一最基本的雙路徑干擾的無線傳輸通道：假設傳輸訊號為 $x(t)$ ，經由通道傳送後的接收信號為 $y(t) = a_1 x(t - t_{01}) + a_2 x(t - t_{02})$ ，其中 a_1 、 a_2 為常數， t_{01} 、 t_{02} 分別為第一與第二路徑的傳輸延遲 (delay) 時間。

(一) 請計算該多重路徑通道的傳遞函數 (transfer function) $H(f)$ 。(5 分)

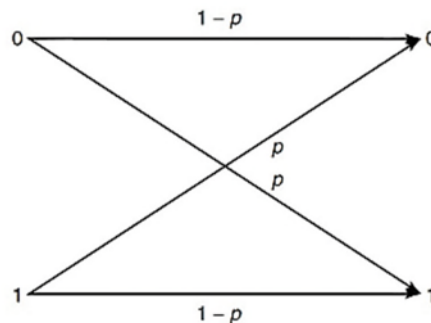
(二) 為了解決多重路徑干擾的問題，在接收器中可利用一分接延遲線通道等化器 (tapped-delay-line channel equalizer) 來降低無線通訊系統傳輸的錯誤率。如果該通道等化器的轉移函數為 $H_e(f)$ ，則最佳的等化器

設計為 $H_e(f) = \frac{1}{H(f)}$ 。考慮一個三階延遲線通道等化器，如下圖所示：



假設 $a_2 \ll a_1$ 且 $t_{02} > t_{01}$ ，請設計該三階延遲線通道等化器，使之能排除雙路徑無線傳輸通道的干擾。(註 1：因為通道傳輸會產生時間延遲，因此一般等化器的設計允許最終系統的轉換函數，也就是 $H(f) \times H_e(f)$ ，為一個廣義線性相位系統 (generalized linear-phase system)。註 2：若 $k \ll 1$ ，則 $\frac{1}{1-kr} \approx 1 + kr + k^2 r^2$) (10 分)

六、重複碼 (repetition code) 是早期使用的錯誤更正碼。使用重複碼的核心思想是傳送端會將每個傳輸位元進行多次，如 n 次 ($n=2m+1$ 通常位基數) 的重複傳送；而接收端會從所收到的 n 個位元中判斷“0”以及“1”的個數，並以多數決來判斷所接收的位元是否為“0”或是“1”。如果通道為二元對稱通道 (binary symmetry channel, BSC)，如下圖所示：



其中 $p < 1$ ，為輸入與輸出的轉移機率 (transition probability)。

(每小題 5 分，共 15 分)

- (一) 假設 $n=3$ ，利用重複碼來傳送訊息，請說明錯誤的發生情形。
- (二) 假設 $n=3$ ，請求該重複碼的平均錯誤機率 (average probability of error)。
- (三) 假設 $n=5$ ，請求該重複碼的平均錯誤機率。