

CHAPTER 02

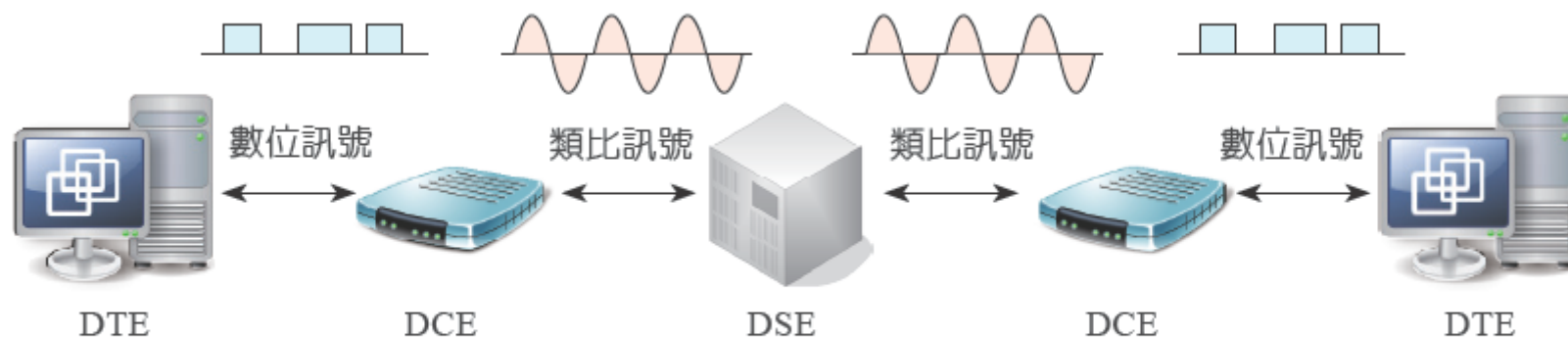


資料通訊基礎

- ▶ 2-1 資料通訊系統的組成
- ▶ 2-2 類比資料與數位資料
- ▶ 2-3 類比訊號
- ▶ 2-4 數位訊號
- ▶ 2-5 數位傳輸與類比傳輸
- ▶ 2-6 傳輸模式
- ▶ 2-7 多工技術
- ▶ 2-8 基頻傳輸與寬頻傳輸
- ▶ 2-9 數位傳輸通道
- ▶ 2-10 錯誤偵測

2-1 資料通訊系統的組成

- ▶ 資料通訊系統的組成目的是為了將資料從發送端透過資料交換設備送至接收端。一個資料通訊系統的基本組成包括有：資料終端設備、資料交換設備、資料通訊設備、傳輸訊號和傳輸



●圖2-1 通訊系統組成要素

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-1 資料通訊系統的組成

▶ 資料終端設備

- ▶ 資料終端設備(Data Terminal Equipment ; DTE)是負責傳送與接收資料的裝置，如個人電腦、工作站、伺服器或印表機等。

▶ 資料交換設備

- ▶ 資料交換設備(Data Switching Equipment ; DSE)負責使資料能快速且正確地由發送端透過此裝置傳至接收端，如交換器、路由器等。

▶ 資料通訊設備

- ▶ 資料通訊設備(Data Circuit-terminating Equipment ; DCE)是介於DTE與DSE之間的設備，一般負責訊號轉換、調變等工作，如數據機、網路卡等皆是。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-1 資料通訊系統的組成

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

▶ 傳輸訊號

- ▶ 傳輸訊號依型態區分，可以分為類比與數位兩種形式。依傳輸媒介特性，訊號可分聲波、電波或光波。
- ▶ 由於網路通訊系統大都是電子或光電設備，因此資料要在其中的傳輸媒介體傳送，必須轉換成電波或光波等訊號。

▶ 傳輸媒介

- ▶ 網路或資料通訊系統所採用的傳輸媒介大致可分為纜線、光纖和無線電波等。

2-2 類比資料與數位資料

- ▶ 所謂類比資料(analog data)是屬於「連續」的資訊，在某一範圍是以無窮多數量的值來表示。
- ▶ 典型的類比資料如傳統水銀溫度計所標示的度數，水銀柱的指針在管柱內升降時，不一定會精確地落在刻度上，換言之落在刻度與刻度之間的值有無限多種可能的高度，如圖2-2左邊紅色指針讀值為25.1度，所以歸屬類比裝置。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-2 類比資料與數位資料

傳統溫度計(類比)



數位溫度計(數位)



●圖2-2 類比資料與數位資料範例

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-2 類比資料與數位資料

- ▶ 而數位資料則是以數字顯示的數位溫度計所顯示的度數應為整數值25度。
- ▶ 另外，指針式的手錶指出的時間也是典型的類比資料例子；相對地，以數字顯示的手錶是典型的數位資料例子。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

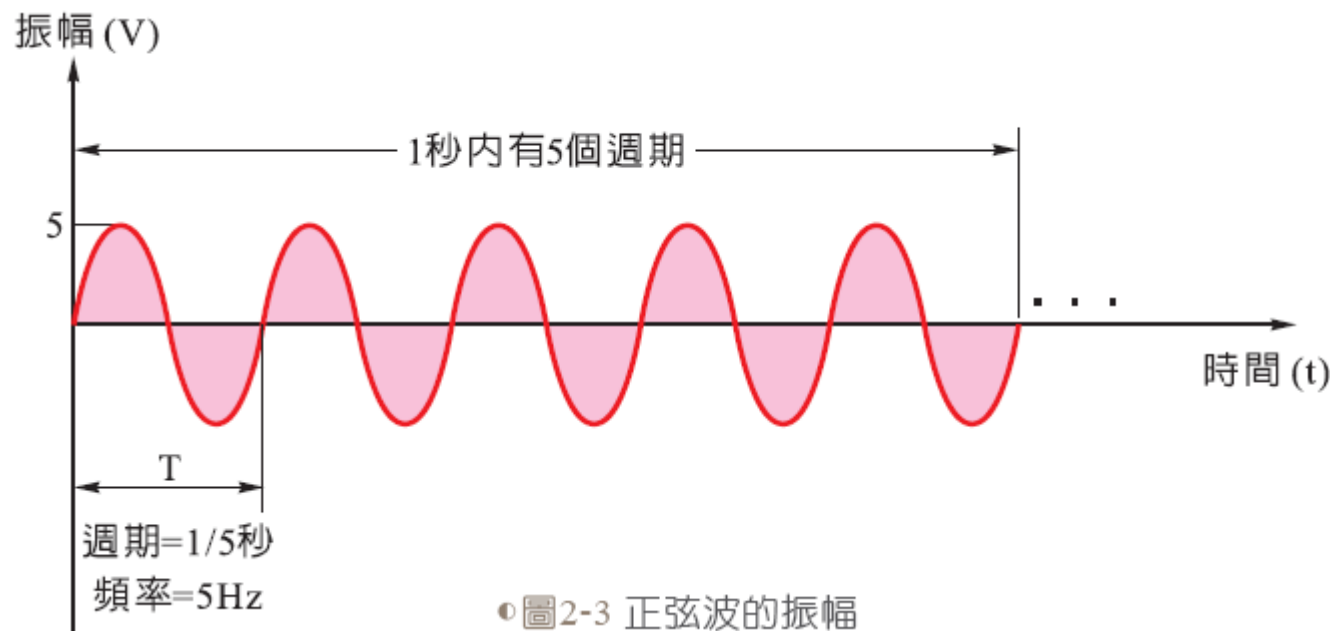
2-9

2-10

習題

2-3 類比訊號

- ▶ 週期性的類比訊號會以既定的波形定時並重複出現；反之，非週期性的類比訊號不會定時並重複出現所要顯示的波形。



●圖2-3 正弦波的振幅

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-3 類比訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

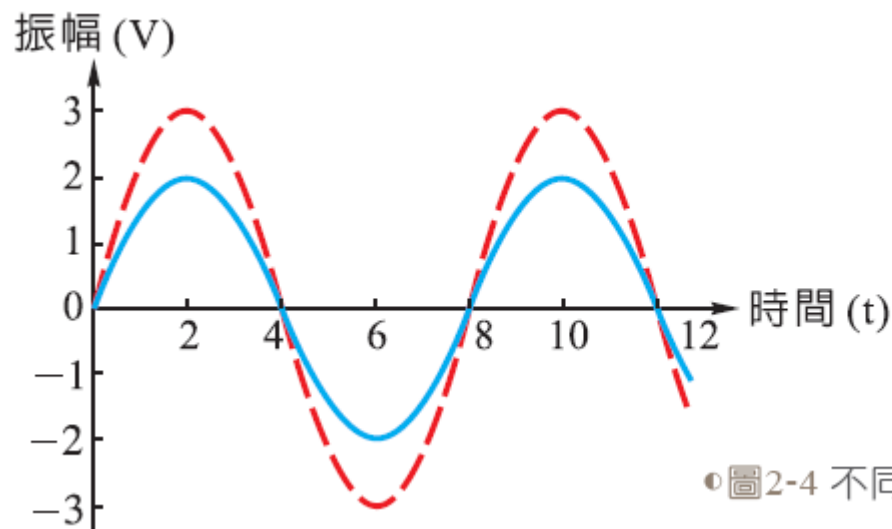
習題

表2-1 指出週期與頻率對應關係

單位	等於	單位	等於
1s	1秒	赫茲(Hz)	1Hz
1ms	10^{-3} 秒	千赫茲(KHz)	10^3 Hz
$1\mu\text{s}$	10^{-6} 秒	百萬赫茲(MHz)	10^6 Hz
1ns	10^{-9} 秒	十億赫茲(GHz)	10^9 Hz
1ps	10^{-12} 秒	兆赫茲(THz)	10^{12} Hz

2-3-1 類比訊號的振幅

- 訊號變動的幅度即代表訊號強度的大小，如圖2-4所示。振幅愈大，表示訊號愈強；反之，訊號愈弱。



●圖2-4 不同振幅的類比訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

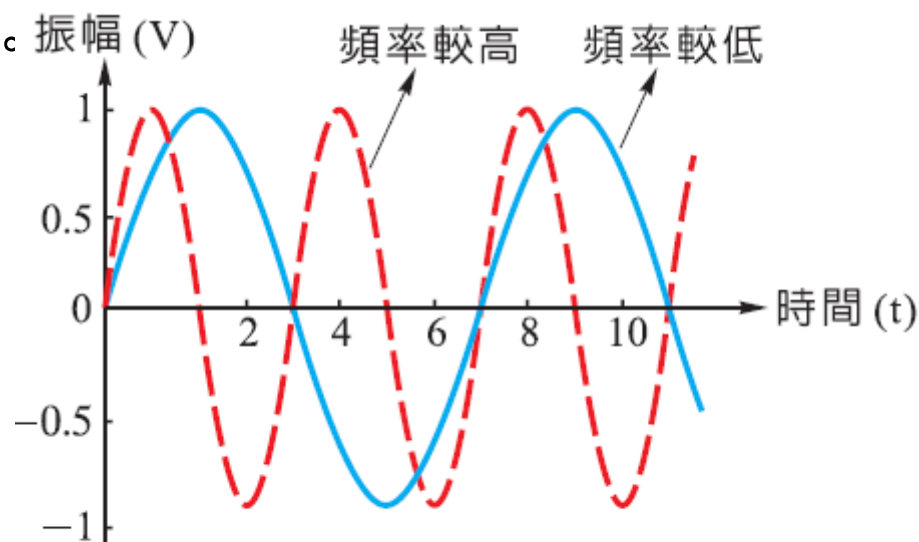
2-9

2-10

習題

2-3-2 不同頻率的類比訊號

- 人的耳朵所能聽到的聲音頻率約在20Hz~20KHz之間，當頻率愈高，聲音就愈尖銳；頻率愈低，則聲音愈低沈，正如女生發出來的聲音頻率較男生為高。



●圖2-5 不同頻率的類比訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

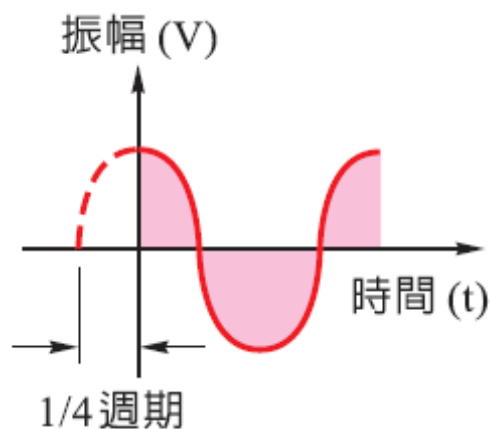
2-9

2-10

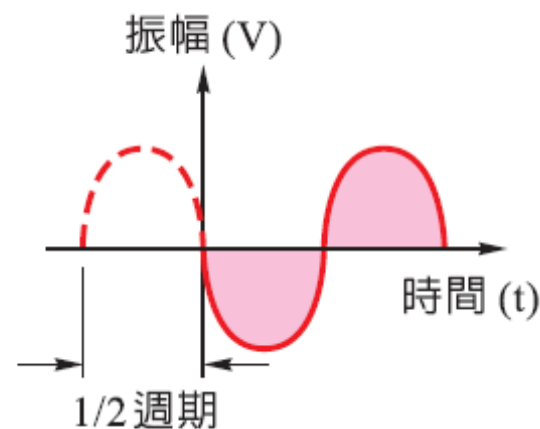
習題

2-3-3 不同相位的類比訊號

- ▶ 相位指的是訊號在時間軸上的位移，主要用來呈現訊號到達某個定點的時間，或指在某個時間點的相角。



(a) 90度的相位移動



(b) 180度的相位移動

●圖2-6 不同相位的移動

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

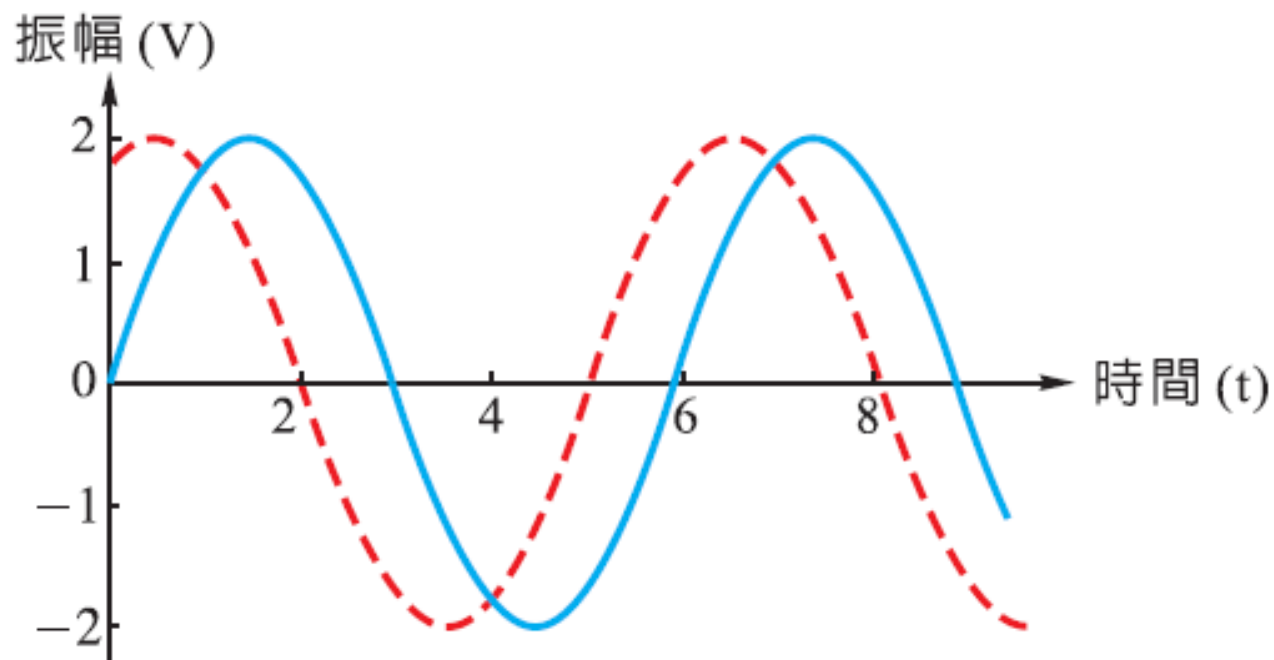
2-8

2-9

2-10

習題

2-3-3 不同相位的類比訊號



●圖2-7 不同相位的類比訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

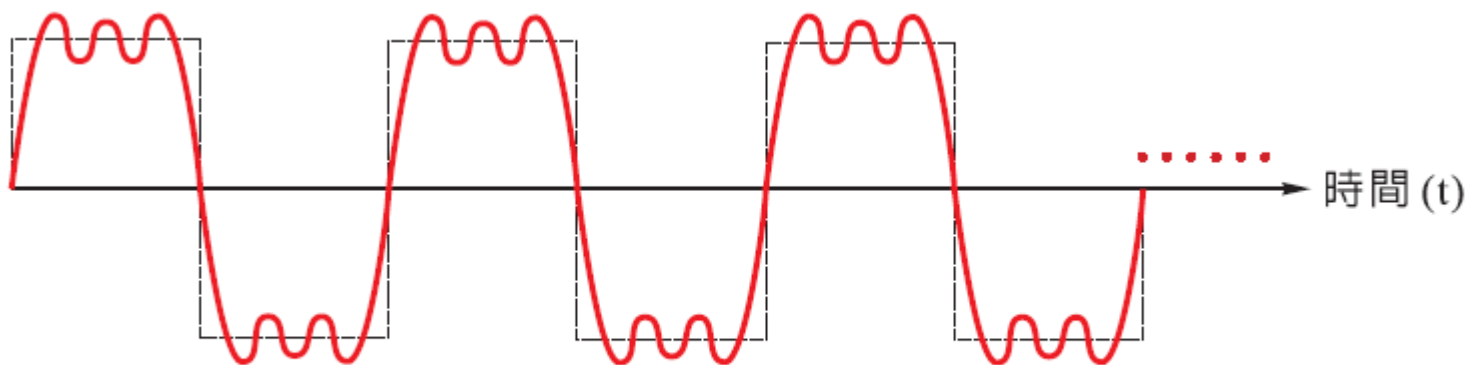
2-9

2-10

習題

2-3-4 複合訊號

- ▶ 複合訊號(composite signal)可以看成由很多正弦波組成，利用傅立葉分析，很容易證明任何複合訊號包含不同振幅、頻率、相位的正弦波組成。



●圖2-8 週期性的複合訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-3-4 複合訊號

- ▶ 變動的訊號幅度對照時間的變動，此種圖形稱為時域(time domain)圖，但頻域(frequency domain)圖才能確實表現出振幅和頻率的關係。
- ▶ 圖2-9(a)即代表該訊號的時域，至於它的頻域，可以用圖2-9(b)表示出來，其也說明時域中的5個正弦波在頻域中可以用脈衝來表示。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

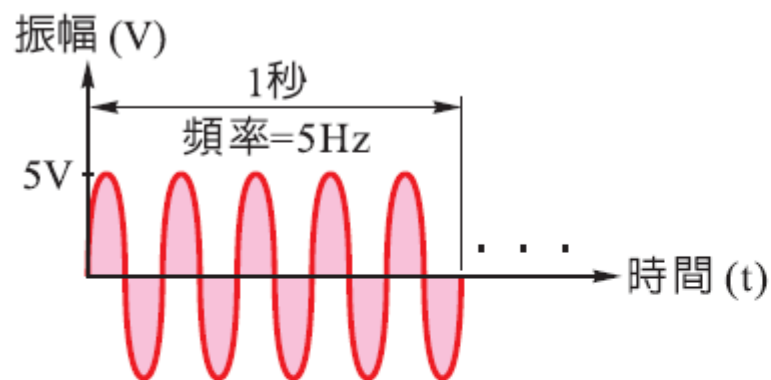
2-8

2-9

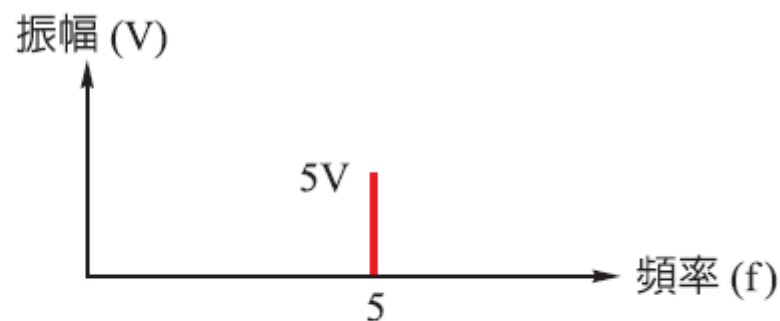
2-10

習題

2-3-4 複合訊號



(a) 時域



(b) 頻域

●圖2-9 時域與頻域之概念

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

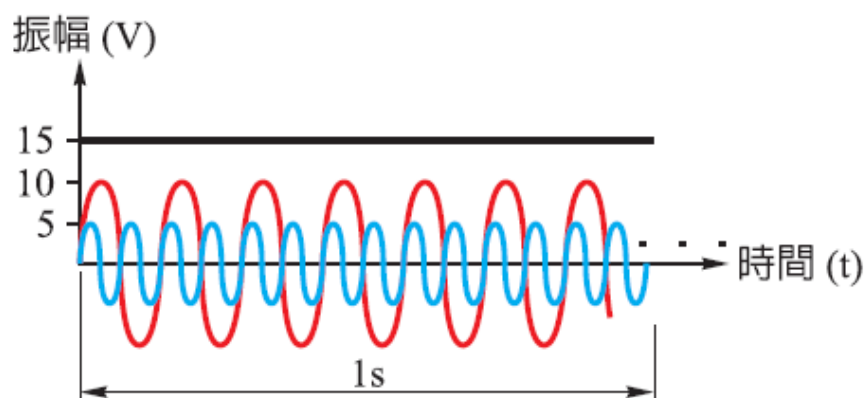
2-9

2-10

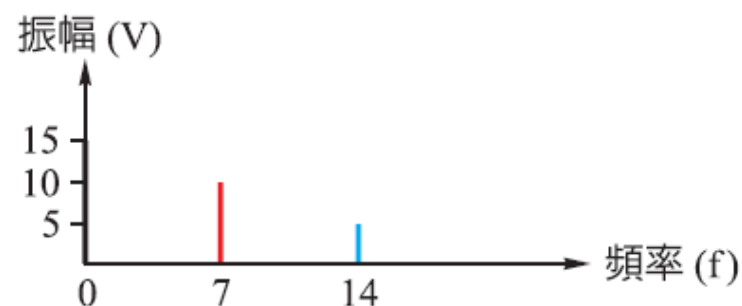
習題

2-3-4 複合訊號

- 典型的複合訊號如圖2-10，它指出3個波形的時域及所相對應的頻域。



3個時域波形的頻率分別是0(15V)
、7(10V)、14(5V)



3個時域波形所對應的頻域

●圖2-10 複合訊號波形的時域及相對應的頻域

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-3-4 複合訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

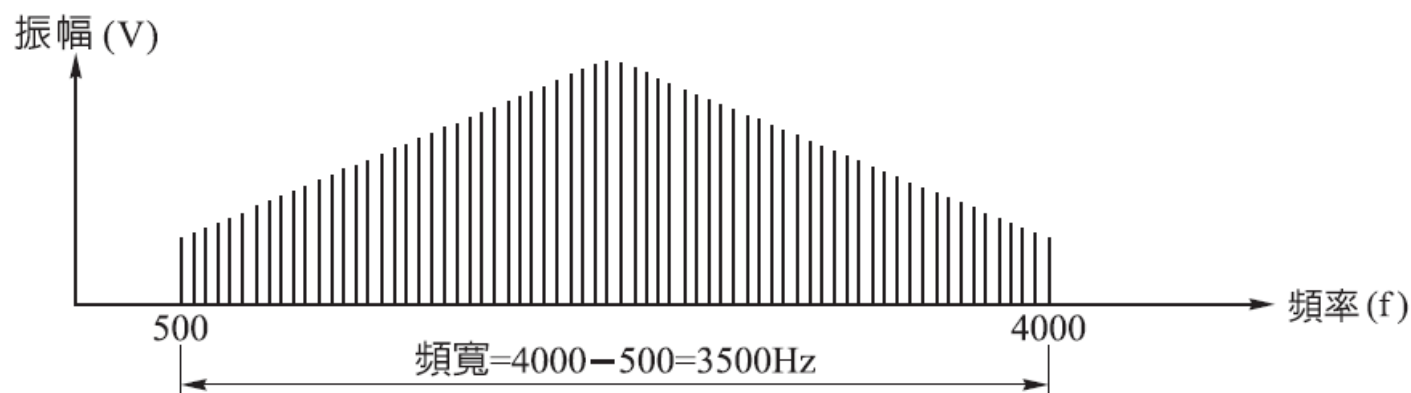
2-7

2-8

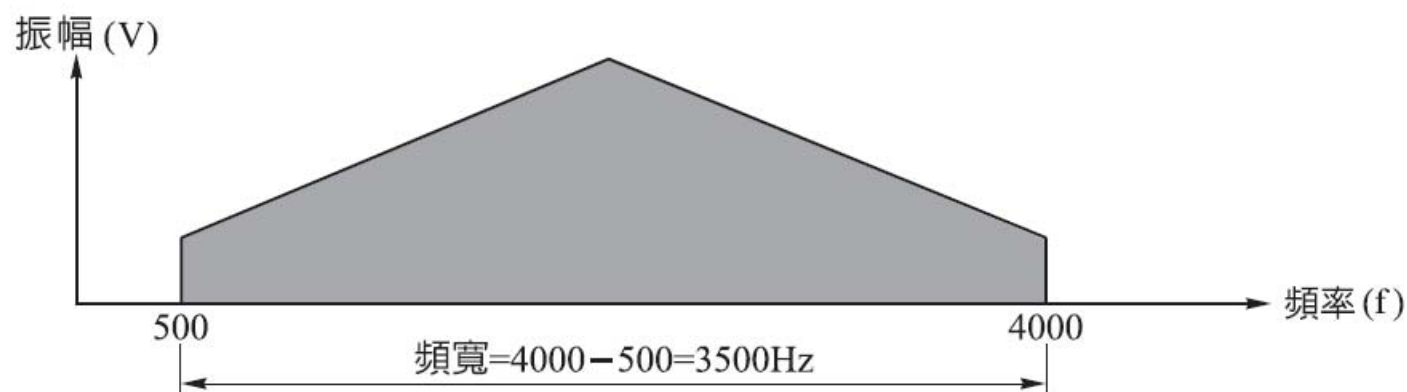
2-9

2-10

習題



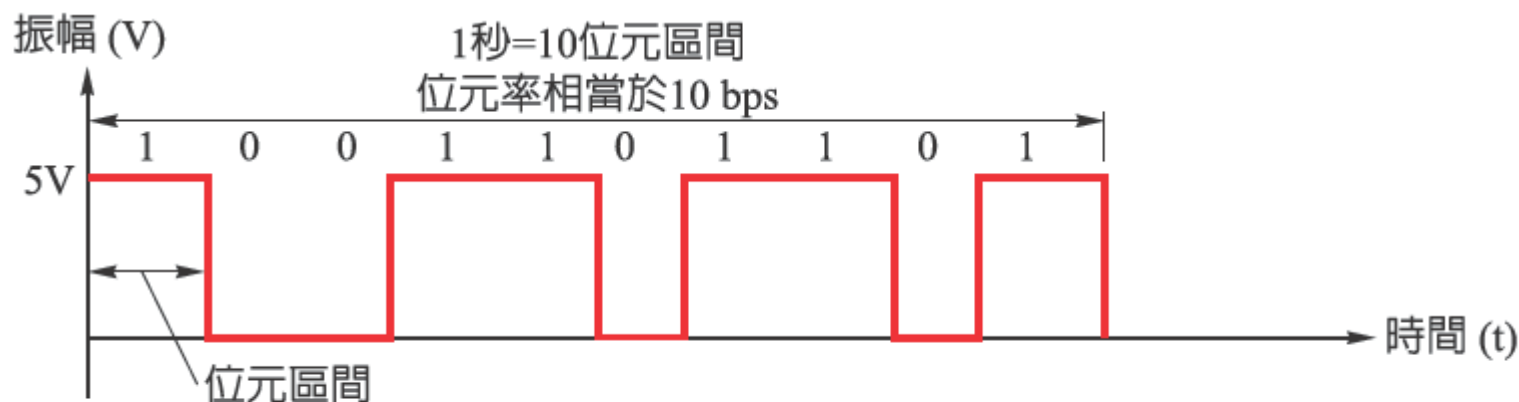
●圖2-11(a) 週期性的複合訊號頻寬



●圖2-11(b) 非週期性的複合訊號頻寬

2-4 數位訊號

- 電腦是以二進位(binary)系統為基礎，即以0與1的組成來代表資料的內容，而電腦網路資料的傳送以數位訊號為主。數位訊號是由一串高電位(代表1)與低電位(代表0)的脈波所組成。



●圖2-12 數位訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-4 數位訊號

▶ 數位訊號中有幾個常見的專有名詞。

- ▶ 位元(bit)：「bit」為binary digit的縮寫。數位訊號中的每個0或1稱為位元。
- ▶ 位元組(byte)：位元組是由8個位元所構成，亦即1 byte = 8bits。
- ▶ 位元率(bit rate)：資料的傳輸速率通常以位元率來表示，位元率的單位為bps或b/s (bit per second)，亦即每秒可傳送的位元數目。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5 數位傳輸與類比傳輸

- ▶ 所謂數位傳輸是利用數位訊號將資訊從發送端透過網路或交換設備送至接收端。
- ▶ 所謂類比傳輸，是數位訊號或類比訊號對高頻的類比訊號進行調變(modulation)，依序得出數位至類比的編碼及類比至類比的編碼。
- ▶ 數位傳輸有時稱為基頻傳輸(baseband transmission)，可參考2-8節。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5 數位傳輸與類比傳輸

- ▶ 訊號轉換可以歸納出下面4種形態：
 - ▶ 數位訊號轉換成數位訊號
 - ▶ 類比訊號轉換成數位訊號
 - ▶ 數位訊號轉換成類比訊號
 - ▶ 類比訊號轉換成類比訊號

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 數位訊號最基本形式是以二進制位元碼來表示，但在訊號傳輸時有可能受到各種干擾，致使訊號波形失真，因而使接收端設備發生接收判斷錯誤，所以需要進行線路編碼。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

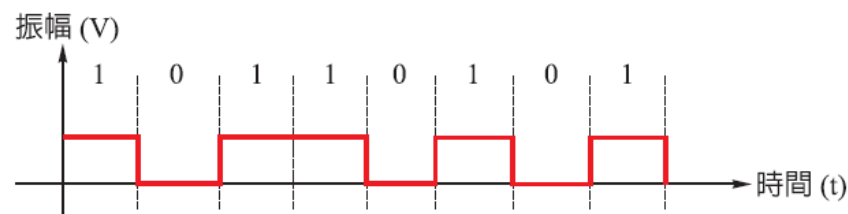
2-9

2-10

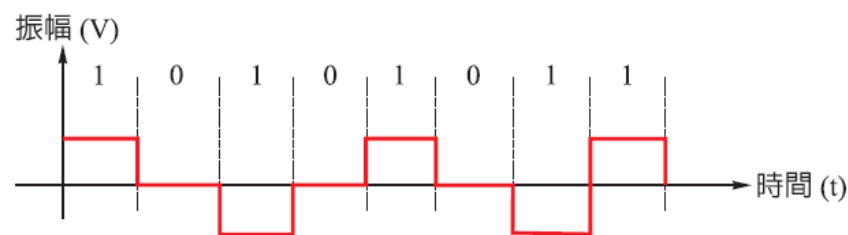
習題

2-5-1 線路編碼類型

- 編碼的好處除了可以有效降低直流成份及頻寬外，有的還可以達成送收之間的同步及偵錯。值得注意的是，編碼後的訊號位階與資料位階不一定相同



(a) 2個訊號位階，2個資料位階



(b) 3個訊號位階，2個資料位階

●圖2-13 資料位階對應的訊號位階

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 線路編碼類型可以分成單極性和極性編碼。
- ▶ 單極性(unipolar)的傳輸方式，其設計為不歸零的機制(指訊號在位元中間不會返回至0電位)，資料1和資料0分別代表正電位與0電位訊號，傳統上稱它為單極性NRZ(unipolar Non-return to Zero ; NRZ)，如圖2-14所示，這種編碼最怕一連串的1所衍生的直流成份問題。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

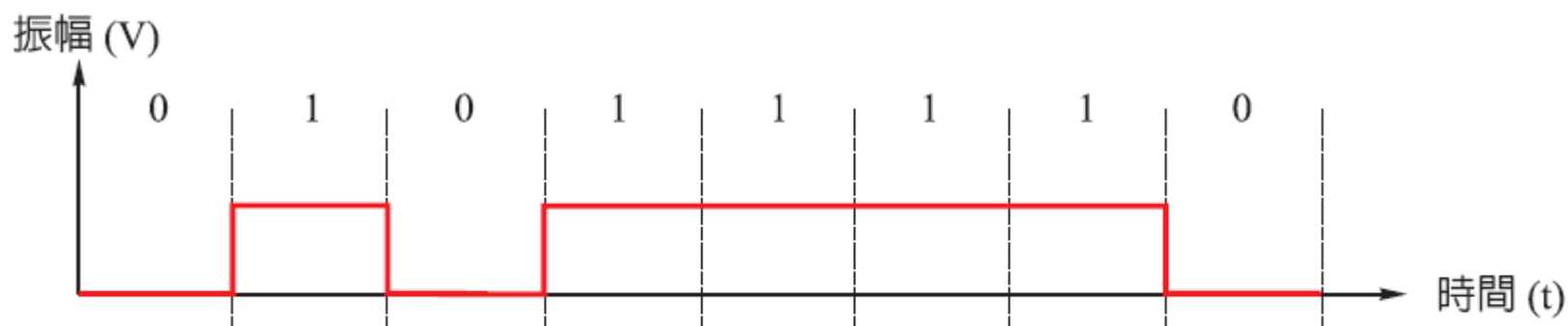
2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型



●圖2-14 單極性NRZ編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 極性(polar)編碼則是使用兩個非0電位的訊號，例如：極性NRZ(polar Nonreturn to Zero)、NRZ-L(Non-return to Zero Level)、NRZ-I(Non-return to Zero Inverted)、RZ(Return to Zero)，以及雙相(biphase)編碼。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 單極性與極性的機制比較分析後，發現前者正規化後的功率為後者的2倍，故單極性NRZ不常用在資料通訊。
- ▶ 雙相編碼對於同步問題較NRZ-I佳，像這些本身已具有自我同步功能的編碼包括曼徹斯特(Manchester)編碼、差動曼徹斯特(differential Manchester)編碼。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 雙極性編碼是使用3個訊號電位，即正電位、0電位及負電位，像 AMI(Alternate Mark Inversion；交替標記反轉碼)碼、B8ZS(Bipolar with 8-zero Substitution)、HDB3(High Density Bipolar of order 3；三階高密度雙極性碼)碼和MLT-3(Multilevel Transmission 3)編碼都屬於雙極性編碼。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ 乙太網技術中是採用nBmT編碼。在這裏，B表示二進制；T表示三進制(ternary)，像8B6T編碼正是100BaseT4使用的一種編碼(參考5-5節)。
- ▶ 另外，多電位(multi-level)編碼在數位傳輸系統及電腦網路通訊系統中可以歸納出來的編碼包含 nBmB 和 nBmQ 編碼；Q表示四進制(quaternary)。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-1 線路編碼類型

- ▶ n 和 m 表示相對應進制碼的位數。常看到的 $nBmQ$ 編碼，如 $2B1Q$ 碼，高速數位用戶迴路(HDSL)和ISDN的BRI(Basic Rate Interface)中的U介面正是使用這類編碼。
- ▶ 對於 $nBmB$ 編碼，在光纖通訊中常選擇 $m=n+1$ ，如 $2B3B$ 、 $4B5B$ 、 $5B6B$ 等。像 $4B5B$ 編碼是近年來高速乙太網100Base TX採用的一種編碼(參考5-5節)。另外，光纖通訊中所使用的10-Gigabit乙太網採用的編碼為 $8B10B$ 。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號

- ▶ 在數位傳輸中，當傳送的資料為0與1的數位形式，且送收兩端使用數位編碼時，則實體層必須將要傳送的資料轉換成適合該媒介傳送的數位訊號。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

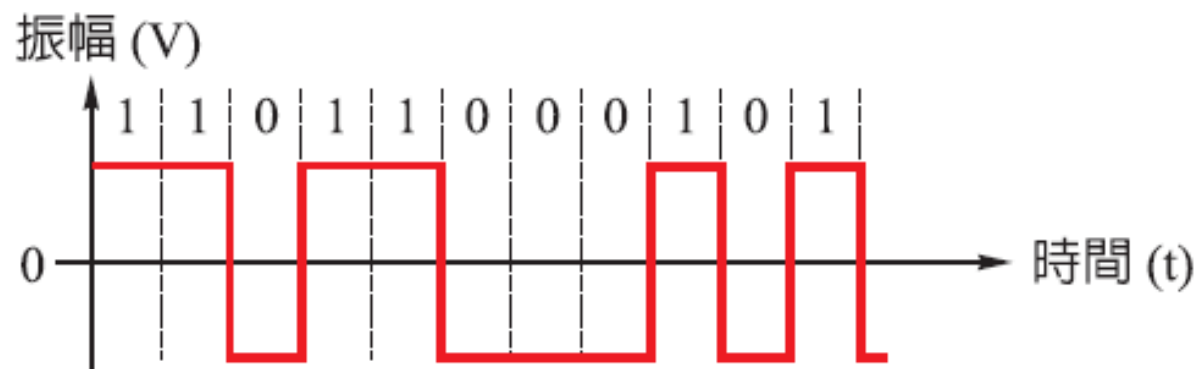
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - NRZ

- ▶ 屬極性編碼，訊號位階是以矩形脈波做電位的改變，在這種傳輸方式中，1和0分別代表正電位與負電位，不具訊號同步功能。



●圖2-15 極性NRZ編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

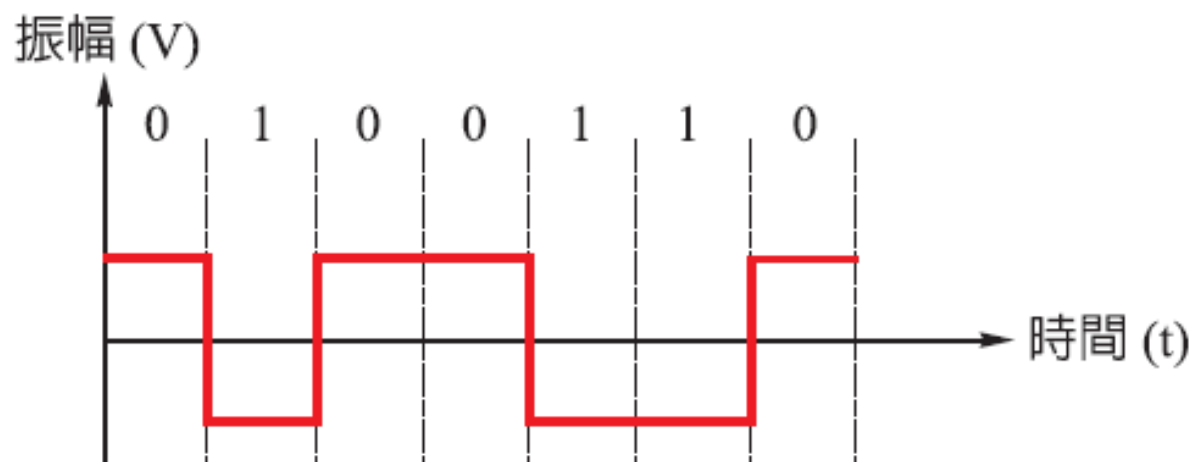
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - NRZ-L

- 其實它同NRZ，只是NRZ採用正邏輯，而NRZ-L採用負邏輯，因此1代表負電位，0代表正電位，最怕發生的是遇到一串連續的1或連續的0。



●圖2-16 NRZ-L編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

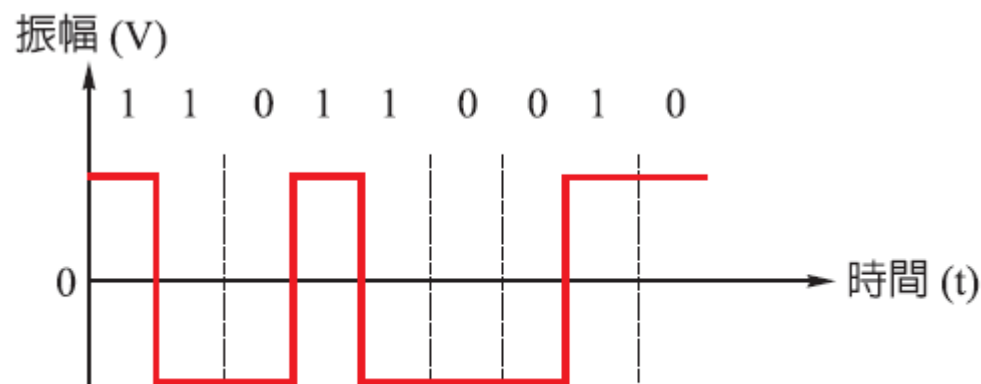
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - NRZ-I

- ▶ 遇1代表一位元時間，若後面也是1，則當時的電位會轉換；若後面是0，電位則不會轉換(亦即保持跟前一電位相同)。



●圖2-17 NRZ-I編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - RZ

- ▶ 1代表正電位，但在一位元區間的中間會轉換成0電位，直到位元結束；0代表負電位，同樣在一位元區間的中間會轉換成0電位，直到位元結束。由於電位在一位元區間的中間做轉換，這表示有較佳的訊號同步能力，但佔用的頻寬及其電位複雜度較NRZ-L或NRZ-I高。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

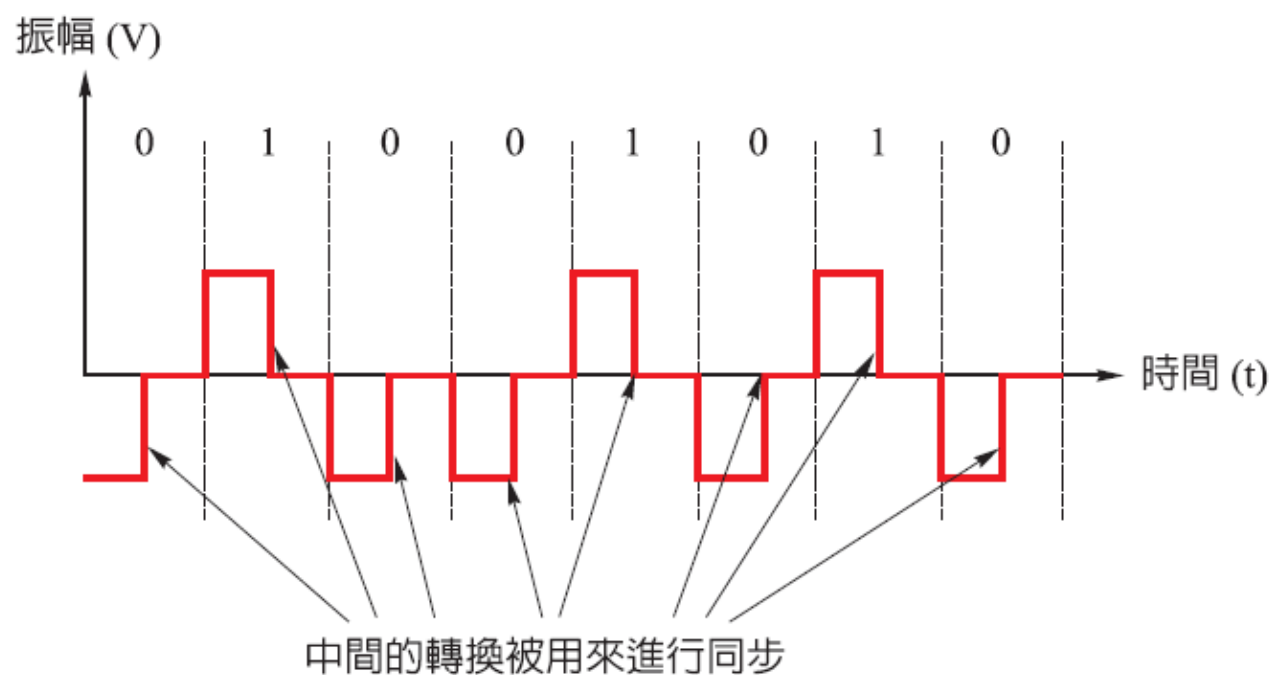
2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - RZ



●圖2-18 RZ編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - 曼徹斯特碼

- ▶ 不論1或0，在一位元區間的中間均會轉換，表示有較佳的同步能力。1代表負到正的電位，0代表正到負的電位，此編碼克服了與NRZ-L有關的問題。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

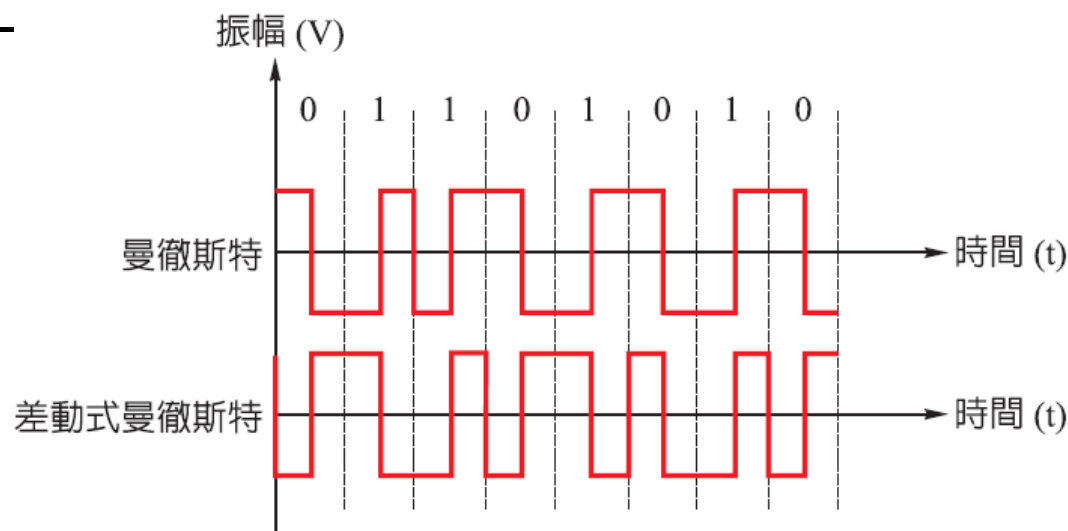
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - 差動曼徹斯特碼

- 不論1或0，在一位元區間的中間均會做轉換，若下一個位元是0，則在一位元區間的開始就會做轉換；若下一個位元是1，則在一位元區間的開始會保持跟前一位元相同。



●圖2-19 曼徹斯特編碼和差動曼徹斯特編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - AMI編碼

▶ AMI碼屬於1B1T碼，即將1位元二進位碼轉換為三進制的碼，可能是正電位、0電位或負電位。其編碼規則是：二進位碼1用+1或-1電位交替表示；二進位碼0則用0電位表示。設資料碼為1 0 1 0 0 1 1 1 0 1，使用AMI編碼後，可得出+1 0 -1 0 0 +1 -1 +1 0 -1，如圖2-20所示。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

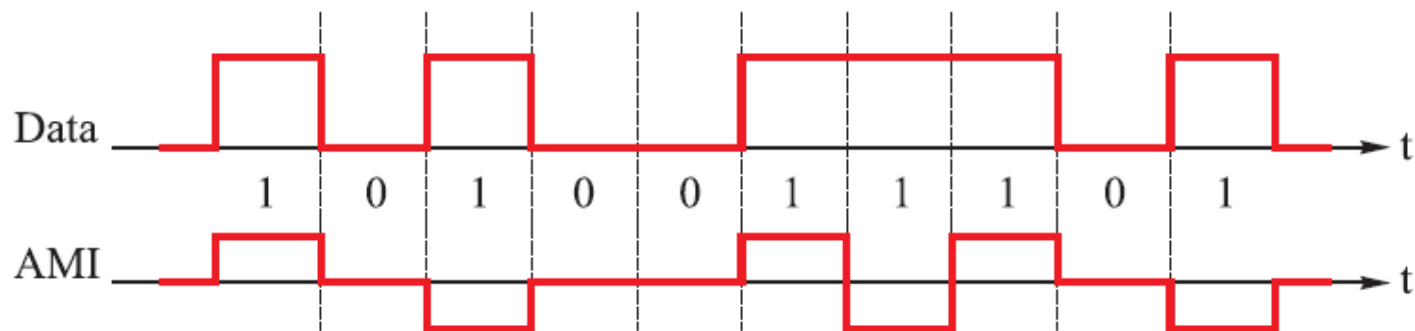
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - AMI編碼

- T-1傳輸系統中仍普遍使用AMI的線路編碼技術。AMI這種技術可以防止DC電壓的形成。由於T-1電路中的轉發器需要規則的脈衝轉換(即正負電壓)，因此必須避免一長串0出現以避免在接收端不易提取定時訊號。



●圖2-20 AMI編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

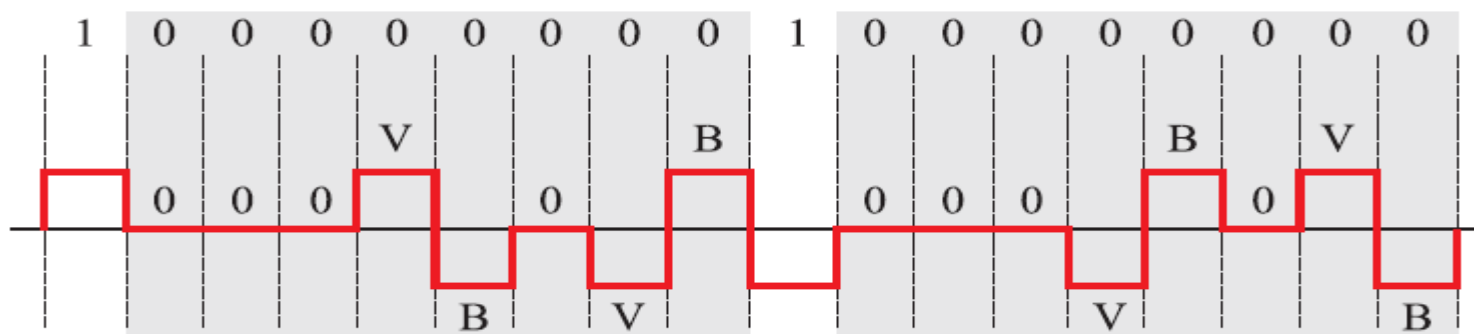
2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - B8ZS編碼

- AMI在T1線路上的應用極為普遍，若線路輸出超過15個連續0，會導致同步錯誤。解決方法可採用美規B8ZS技術，即遇8個連續0，以000VB0VB取代——V表Violation，即違背AMI規則的非0電位，B表雙極性的非0電位。



●圖2-21 B8ZS編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - HDB3編碼

► HDB3在E1線路上的應用極普遍，為使原資料碼保證不會有直流成份，必須使相鄰的脈衝做極性交替，規則如下說明：

- (1)當連續0不大於3時，其編碼如同AMI編碼，遇0碼表0電位；遇1碼則以+1、-1交替編碼；
- (2)它在遇4個連續0時，必須把第4個0變成1，這種變化代表V(Violation)脈衝，而V脈衝必須與前一個1的極性相同，也可以000V表示

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

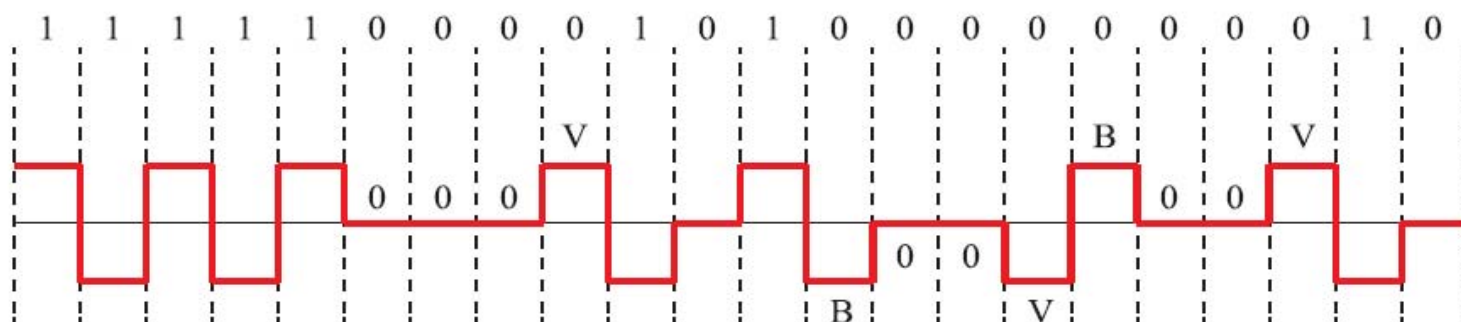
2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - HDB3編碼



●圖2-22 HDB3編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - MLT-3 編碼

- ▶ 其編碼規則是1會依照+(正電位)、0(零電位)、-(負電位)、0(零電位)的順序變換，0不會轉換電位。如圖2-23所示為4種訊號狀態變化。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

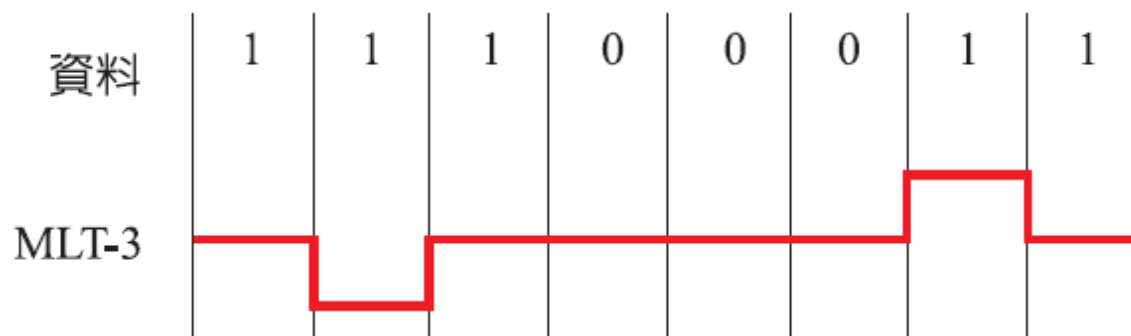
2-8

2-9

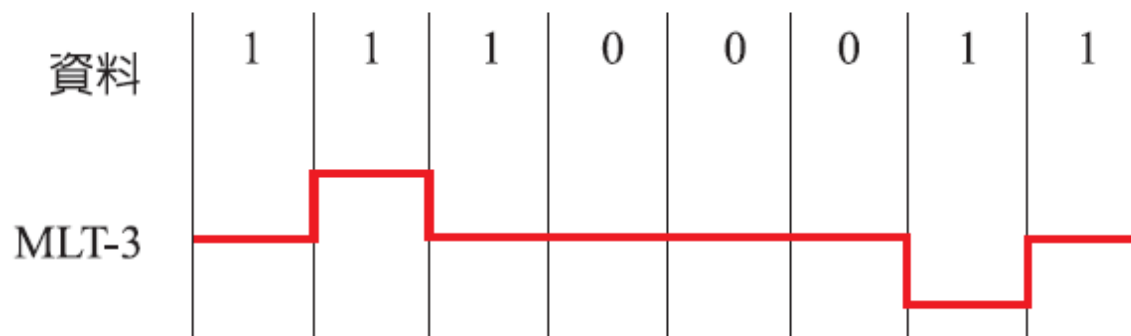
2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - MLT-3 編碼



如果前一個位元不論資料內容是0或1的電位為正電位



如果前一個位元不論資料內容是0或1的電位為負電位

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

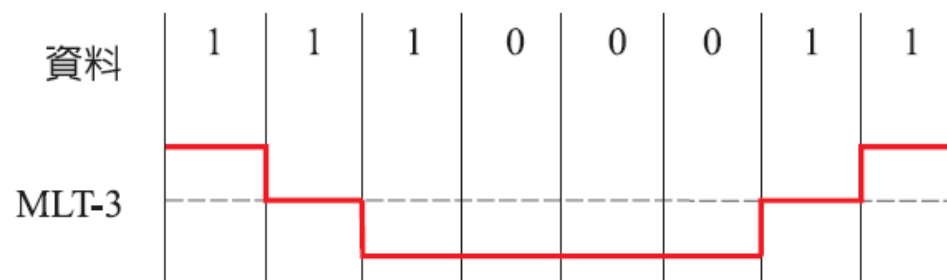
2-8

2-9

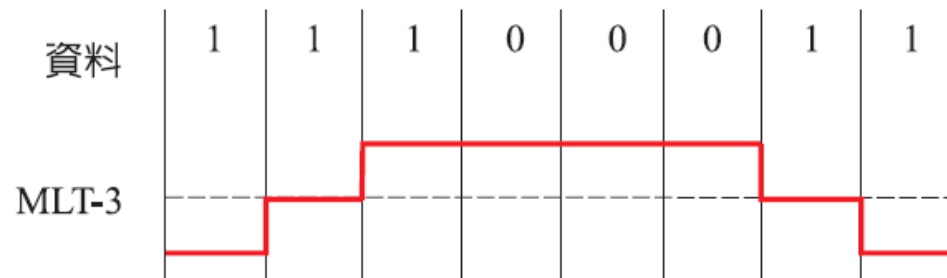
2-10

習題

2-5-2 數位訊號轉換成數位訊號 - MLT-3 編碼



如果前一個位元不論資料內容是0或1的電位為零電位
且零電位的前一個相異電位為負電位



如果前一個位元不論資料內容是0或1的電位為零電位
且零電位的前一個相異電位為正電位

●圖2-23 4種MLT-3訊號狀態變化

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號

- ▶ 當主機A想透過PSTN與遠距離的主機B通話，假設主機A輸入的語音中已大量應用數位處理技術，但PSTN系統中的音頻訊號仍是以類比訊號來傳輸時，由於頻率低的數位訊號在遠距離傳輸時非常不利，故需先將數位訊號轉換成高頻率的類比訊號傳送出去。
- ▶ 因此，主機A的數位訊號必須對一個高頻類比訊號(稱為載波)進行調變(modulation)；主機B再將收到的類比訊號還原成數位訊號，這種轉換稱為解調變(demodulation)，反之，主機B往主機A通話亦如此進行。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

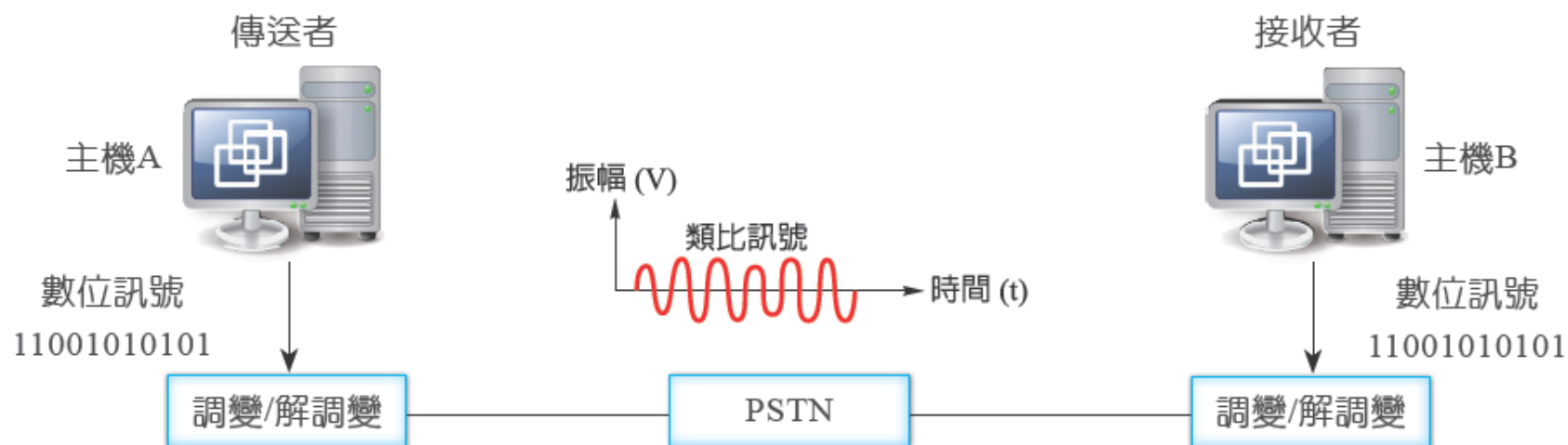
2-8

2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號



●圖2-24 調變與解調變

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號

- ▶ 執行調變與解調變的設備就是常稱的數據機。
- ▶ 數位訊號對高頻的類比訊號進行調變時，會依數位訊號所代表的資訊來改變載波之特性。
- ▶ 數位訊號調變的4種常見方式包括：
 - ▶ 振幅位移鍵ASK (Amplitude Shift Keying)
 - ▶ 頻率位移鍵FSK (Frequency Shift Keying)
 - ▶ 相位位移鍵PSK (Phase Shift Keying)
 - ▶ 正交振幅調變 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

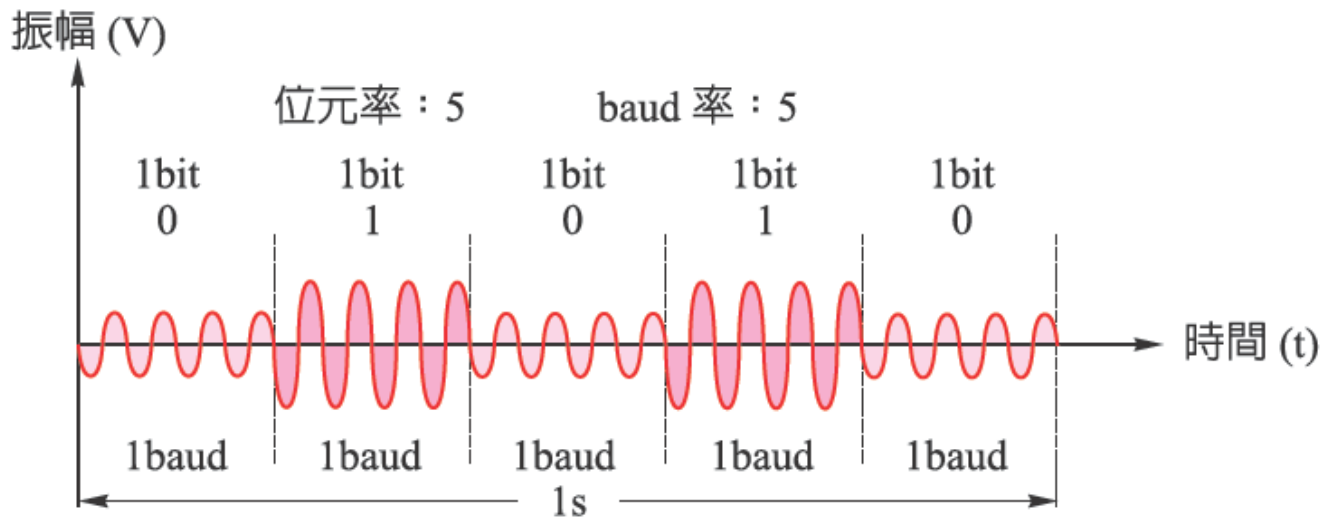
2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號- 振幅位移鍵(ASK)

- 利用載波訊號振幅的改變來表示0或1。然而，頻率及相位保持不變。圖中振幅較弱的訊號代表0；振幅較強的訊號代表1。由於振幅易受訊號強度或雜訊干擾，因此ASK抗干擾較差。



●圖2-25 ASK

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號- 振幅位移鍵(ASK)

- ▶ 在數據通訊中，一鮑率(baud rate)定義為每秒傳送的訊號元素數目，每一訊號元素包含一個位元或以上構成，因而鮑率小於或等於位元率。
- ▶ 位元率 = 鮑率 * $\log_2 N$ ， $\log_2 N$ 代表每一訊號元素所含的位元數目；N代表需要多少訊號元素。
 - ▶ 例如：4800baud等於4800bps(即每一baud=1bps)，也可能4800baud等於9600bps(即每一baud=2bps)。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

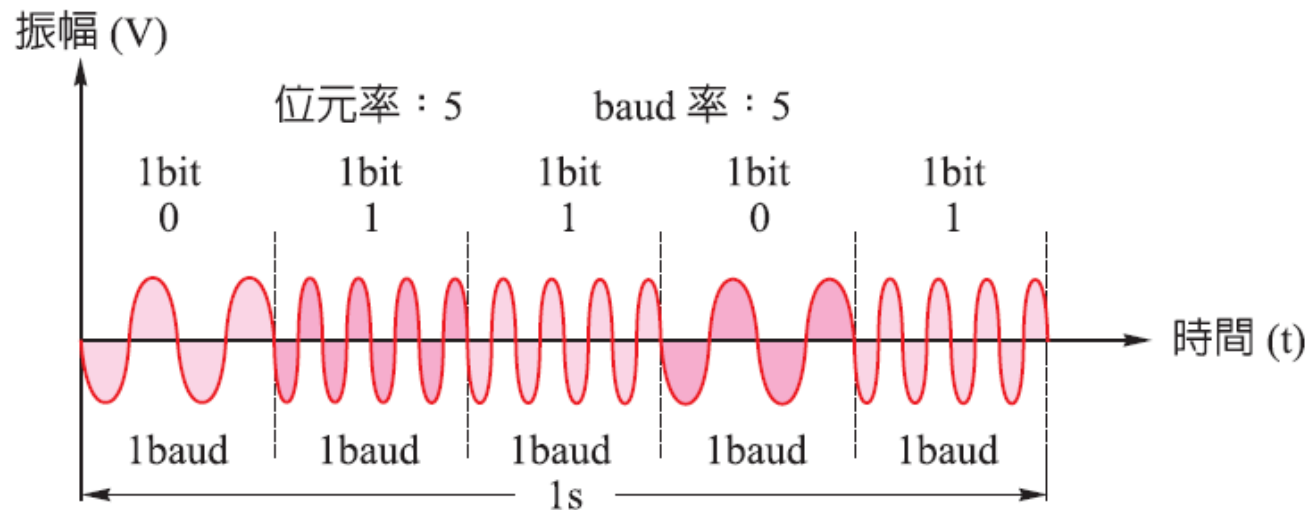
2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號- 頻率位移鍵(FSK)

- 以0與1代表不同的頻率，但振幅與相位保持不變，每一位元時間內的頻率都一樣。也因為頻率不易受訊號強度或雜訊干擾，因此FSK抗干擾較ASK佳，但由於頻寬範圍較大，因此比ASK浪費頻寬。



●圖2-26 FSK

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

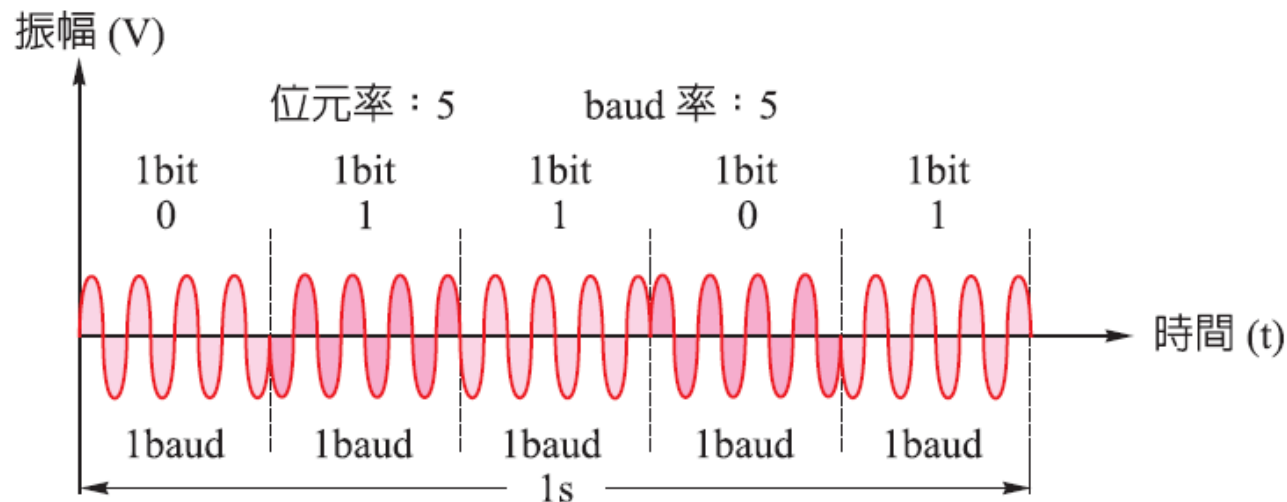
2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號- 相位位移鍵(PSK)

- 以0與1代表不同的相位，但振幅與頻率保持不變，每一位元時間內的相位都一樣。也因為相位不易受訊號強度或雜訊干擾，因此，PSK抗干擾較ASK佳；頻寬利用度也較FSK佳。



●圖2-27 PSK

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

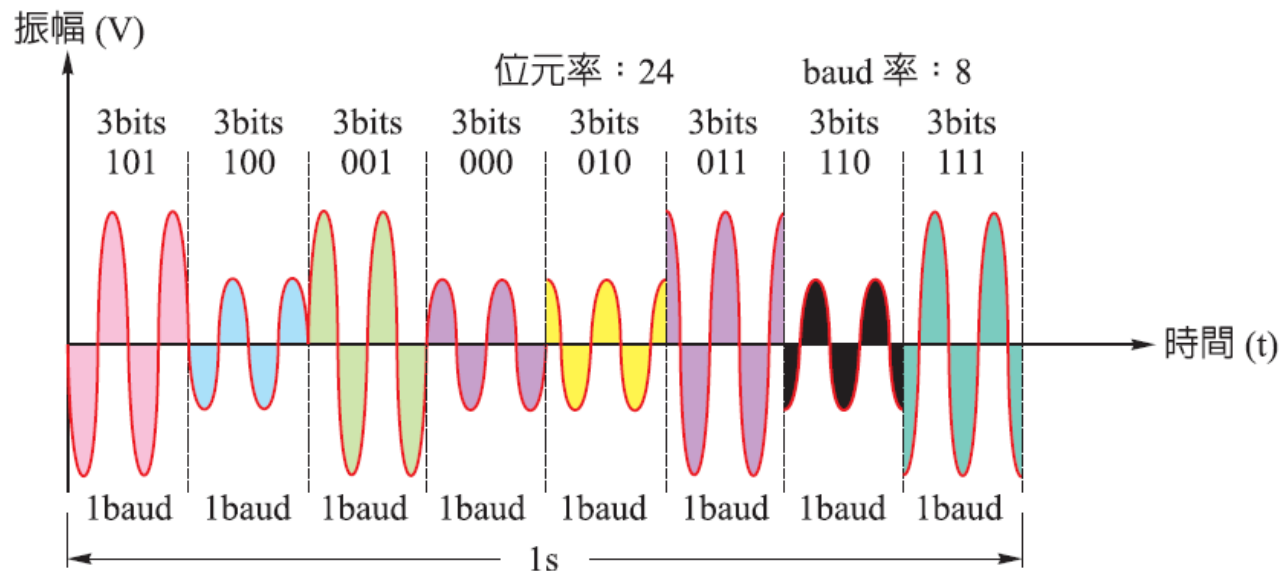
2-9

2-10

習題

2-5-3 數位訊號轉換成類比訊號- 正交振幅調變QAM

- 可看成ASK與PSK的組合，如圖2-28中的兩個頻率相同但相位差90度的載波，並傳送於兩個不同訊號單元。



●圖2-28 QAM

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號

- ▶ 有時候想在電腦網路上傳輸連續的資料，例如：聲音或影像，就必須先轉換成數位訊號。而最廣被採用的轉換技術稱為脈波編碼調變(Pulse Code Modulation ; PCM)，這是在1939年由美國貝爾實驗室所研發出來的技術。

- ▶ PCM技術原理共分3步驟，有：

- ▶ 取樣(sampling)
- ▶ 量化(quantization)
- ▶ 編碼(encoding)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 取樣

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

► 取樣的基本原理可以用一個定時開關做說明。

► 圖中 $x(t)$ 表示尚未取樣前的原始訊號；而開關「SW」每隔 T 秒定時地自動開關一次，作為取樣的設備。即原始訊號 $x(t)$ 只在 $1T$ 、 $2T$ 、 $3T$...等時間間隔時做取樣，因開關「SW」為導通狀態，才會有輸出，其餘時間「SW」呈關閉狀態而無輸出。

► 經過此過程，就可得到取樣後的輸出訊號 $y(t)$ 。

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 取樣

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

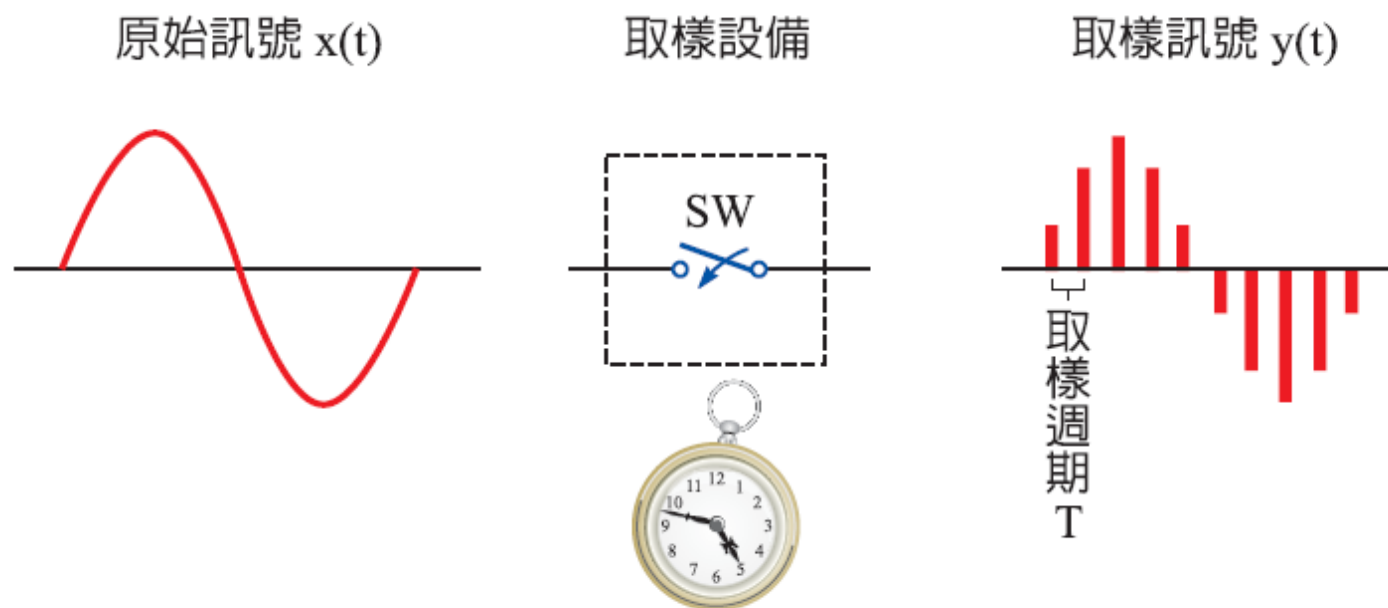
2-7

2-8

2-9

2-10

習題



●圖2-29 取樣的基本原理

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 量化、編碼

► 量化

- 經過取樣步驟後產生的脈衝訊號，其大小值有非常多種的可能，並無法直接編碼為二進位碼，因此需要將脈衝訊號量化成階梯式的位階訊號。

► 編碼

- 量化後的訊號一旦變成階梯式的離散訊號，每一個位階可以直接對應到一個二進位碼，這就是所謂的「編碼」。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

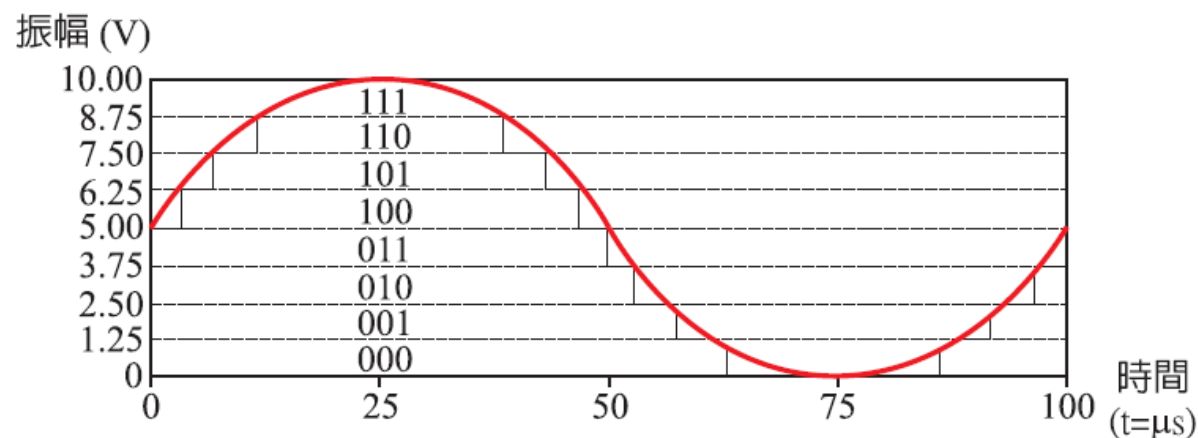
2-10

習題

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 量化、編碼

- 假設有一 p 秒時間長度的類比訊號，現欲轉換為數位訊號，取樣頻率為 f_s Hz，編碼長度為 n bits，則數位化後所求出的資料量為：

$$\text{資料量(bytes)} = p \times f_s \times n / 8$$



●圖2-30 以3位元A/D取得的10kHz正弦波的量化與編碼

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 量化、編碼

► 範例1：

一段5分鐘的類比語音，若採用

(a)電話語音的取樣頻率為8KHz，編碼長度為8bits

(b)CD音樂的取樣頻率為44.1KHz，編碼長度為16bits；試求數位化後的資料量？

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-5-4 類比訊號轉換成數位訊號 - 量化、編碼

解：(a) $f_s = 8 \text{ KHz} = 8000 \text{ Hz}$

$$p = 5 \times 60 = 300 \text{ 秒}$$

$$\text{資料量} = 8000 \times 300 \times 8 / 8 = 2400 \text{ KB} = 2.4 \text{ M(bytes)}$$

(b) $f_s = 44.1 \text{ KHz} = 44100 \text{ Hz}$

$$p = 5 \times 60 = 300 \text{ 秒}$$

$$\begin{aligned} \text{資料量} &= 44100 \times 2(\text{聲道}) \times 300 \times 16 / 8 \\ &= 26460 \text{ KB} = 52.92 \text{ M(bytes)} \end{aligned}$$

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

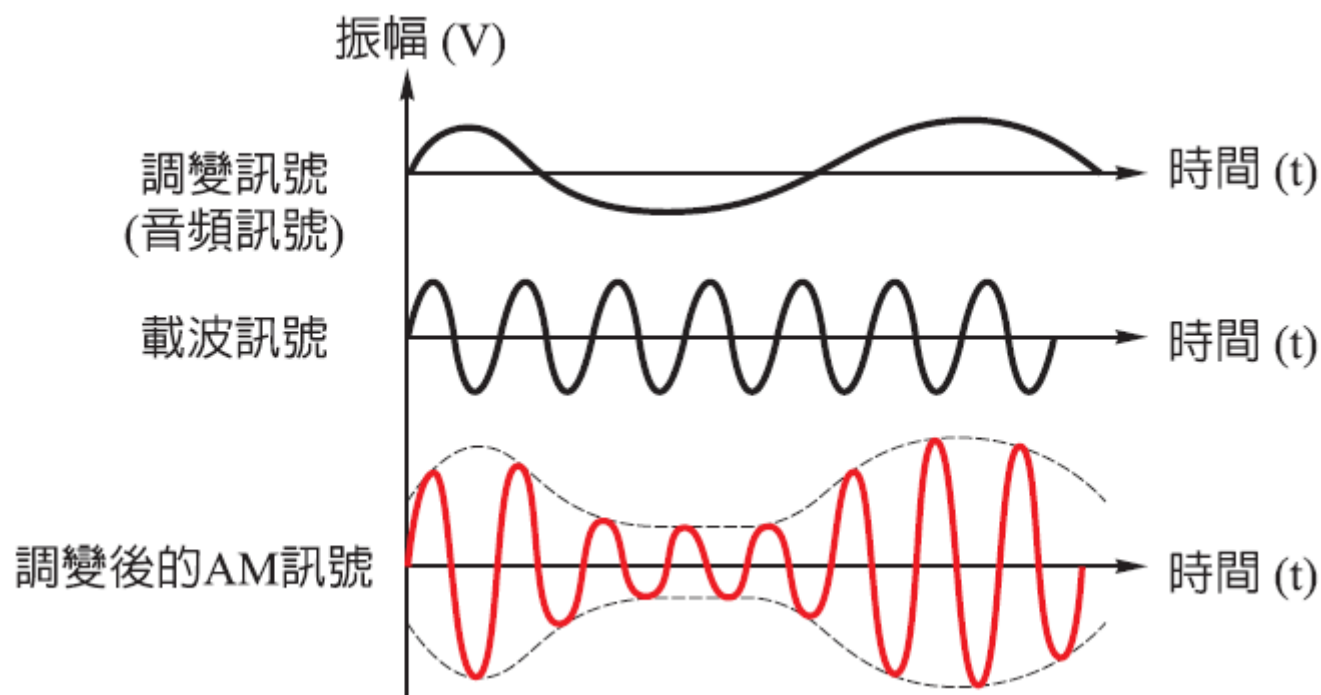
2-9

2-10

習題

2-5-5 類比訊號轉換成類比訊號 - AM

- 載波之振幅隨音頻訊號而變的稱為調幅



2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

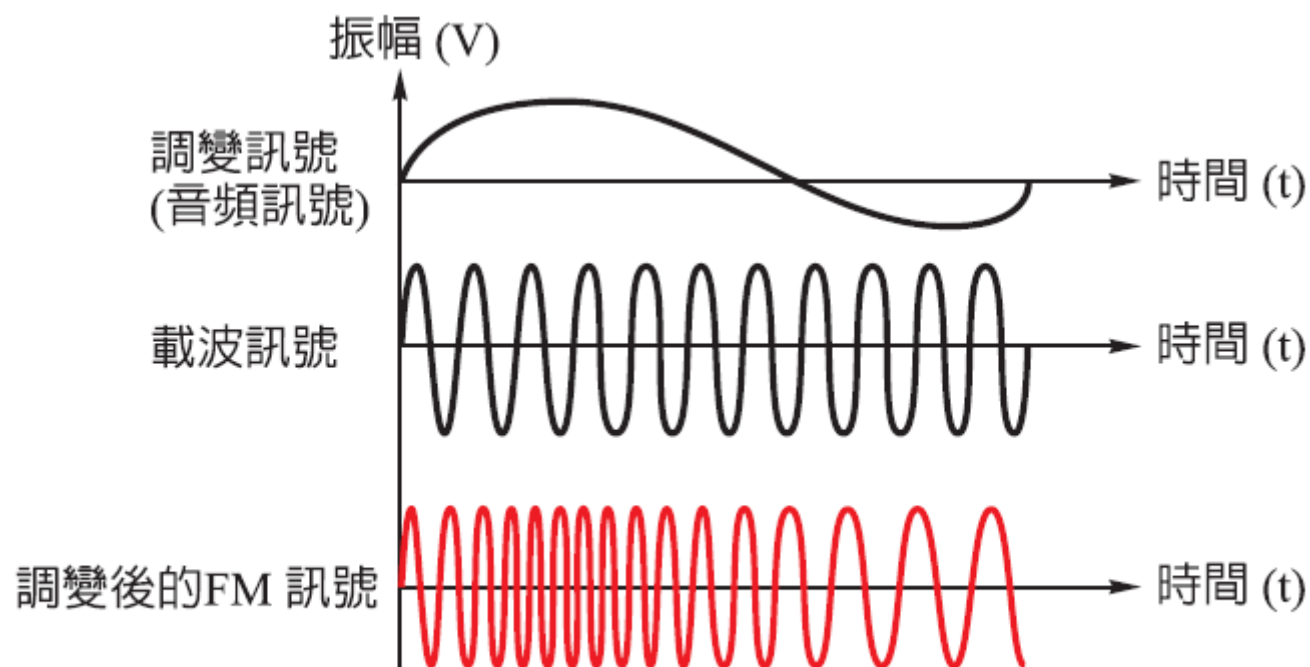
2-9

2-10

習題

2-5-5 類比訊號轉換成類比訊號 - FM

- 載波之頻率隨音頻訊號而變的稱為調頻



●圖2-31(b) FM方式

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

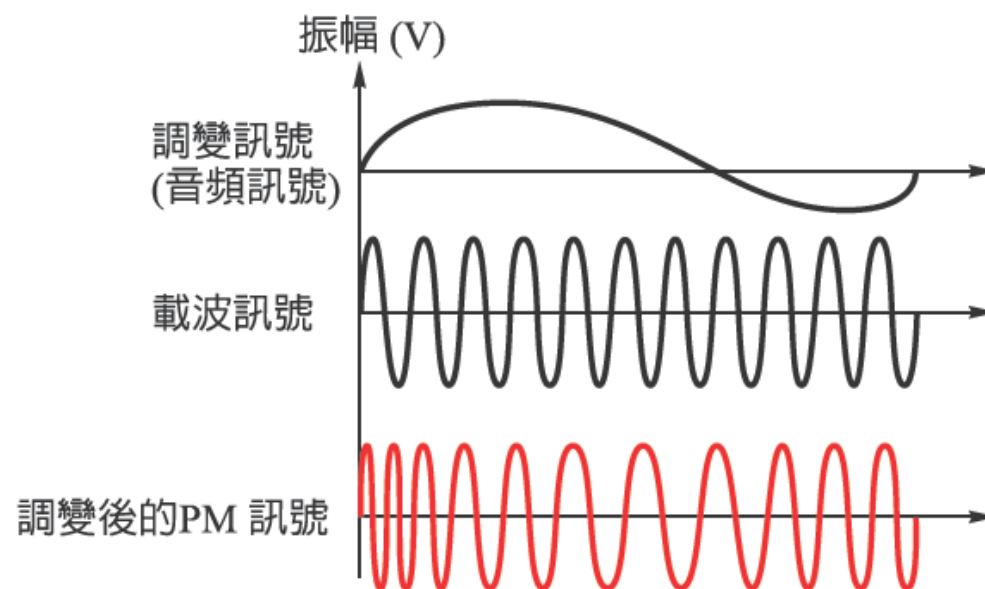
2-9

2-10

習題

2-5-5 類比訊號轉換成類比訊號 - PM

- 調相(PM)則是載波相位隨聲音訊號而變化，這種調變方式常常被看成是另一種方式的調頻



●圖2-31(c) PM方式

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-6 傳輸模式

- ▶ 通訊系統的傳輸模式基本上可以分為三類
 - ▶ 單工(simplex)
 - ▶ 半雙工(halfduplex)
 - ▶ 全雙工(full-duplex)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-6 傳輸模式 - 單工

- ▶ 表示資料僅能由一端傳送給另一端，宛如一條單行道，無法做反方向傳輸。



●圖2-32 單工傳輸

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

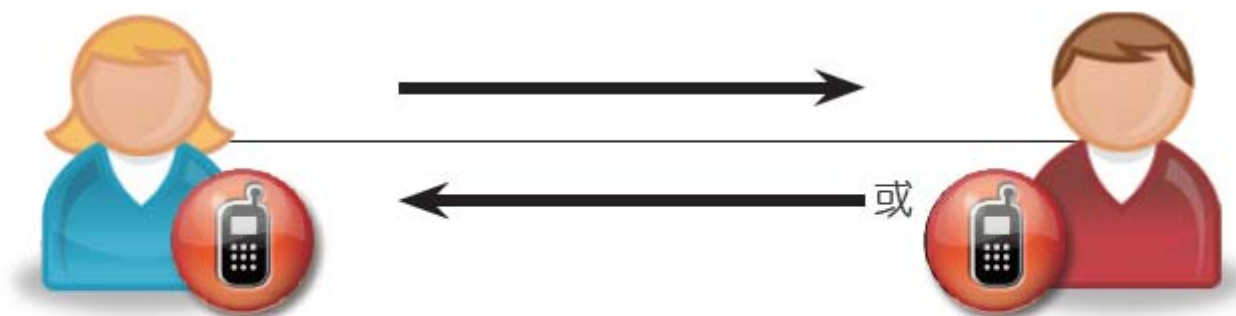
2-9

2-10

習題

2-6 傳輸模式 - 半雙工

- 指兩端傳輸雖然可以互通資料，但不能同時傳送給對方，同一時間只能有一端能傳送。



●圖2-33 半雙工傳輸

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

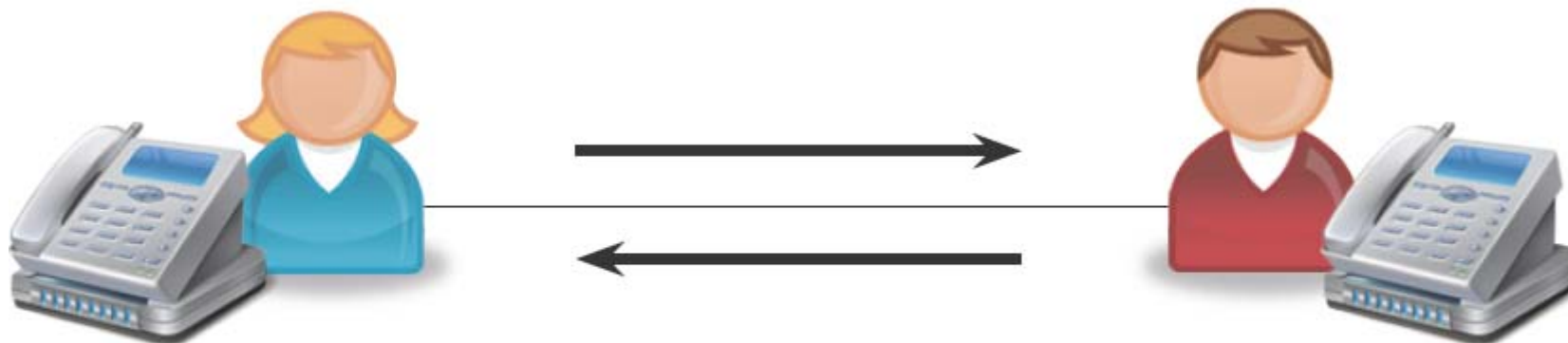
2-9

2-10

習題

2-6 傳輸模式 - 全雙工

- ▶ 指收發雙方傳輸可以同時發送資料給對方，或接收對方送來的資料。



●圖2-34 全雙工傳輸的語音電話

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-7 多工技術

- ▶ 多工(multiplexing)是將一個鏈路(link)上的可用頻寬切分給許多使用者，我們可以想像成將單一鏈路(亦即單一連結)頻寬切成許多頻道給使用者。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-7 多工技術

▶ 多工技術大致上可分成：

- ▶ 分頻多工(Frequency Division Multiplex-ing ; FDM)
- ▶ 分時多工(Time Division Multiplexing ; TDM)
- ▶ 分波多工(Wave Division Multiplexing ; WDM)
- ▶ DWDM
- ▶ CWDM

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

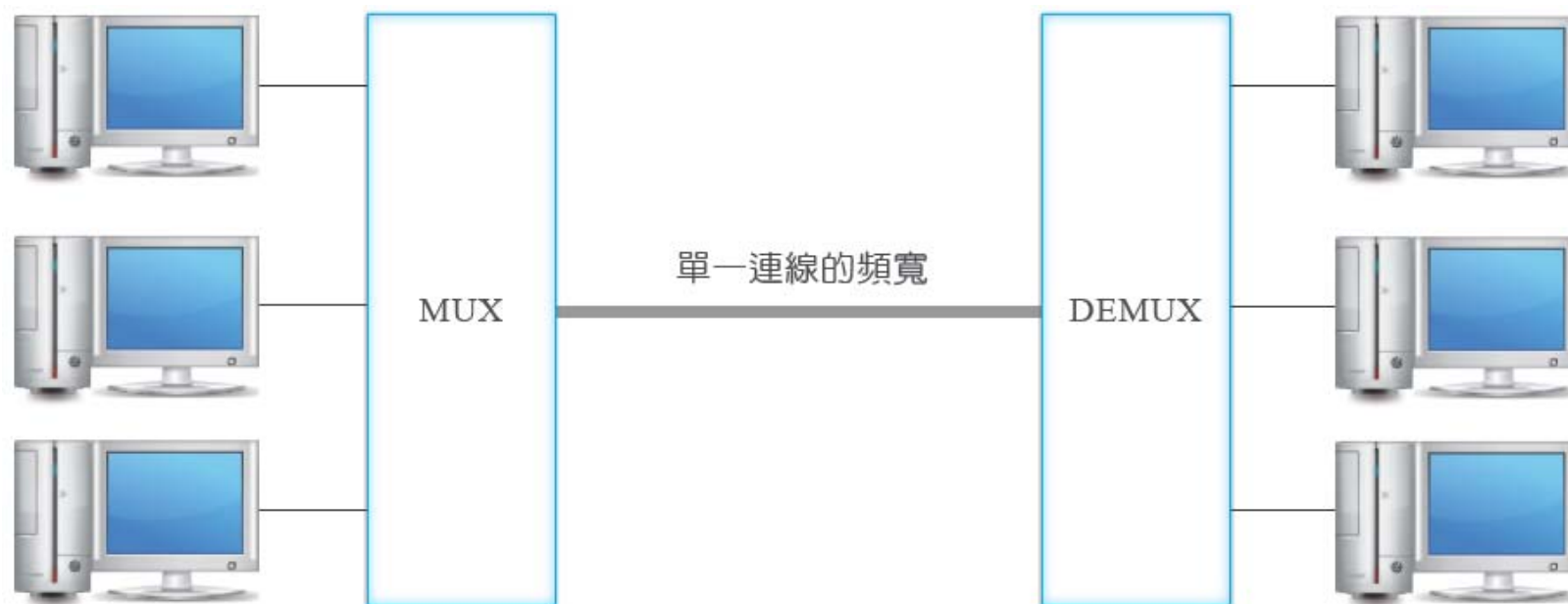
2-8

2-9

2-10

習題

2-7 多工技術



●圖2-35 多工技術

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

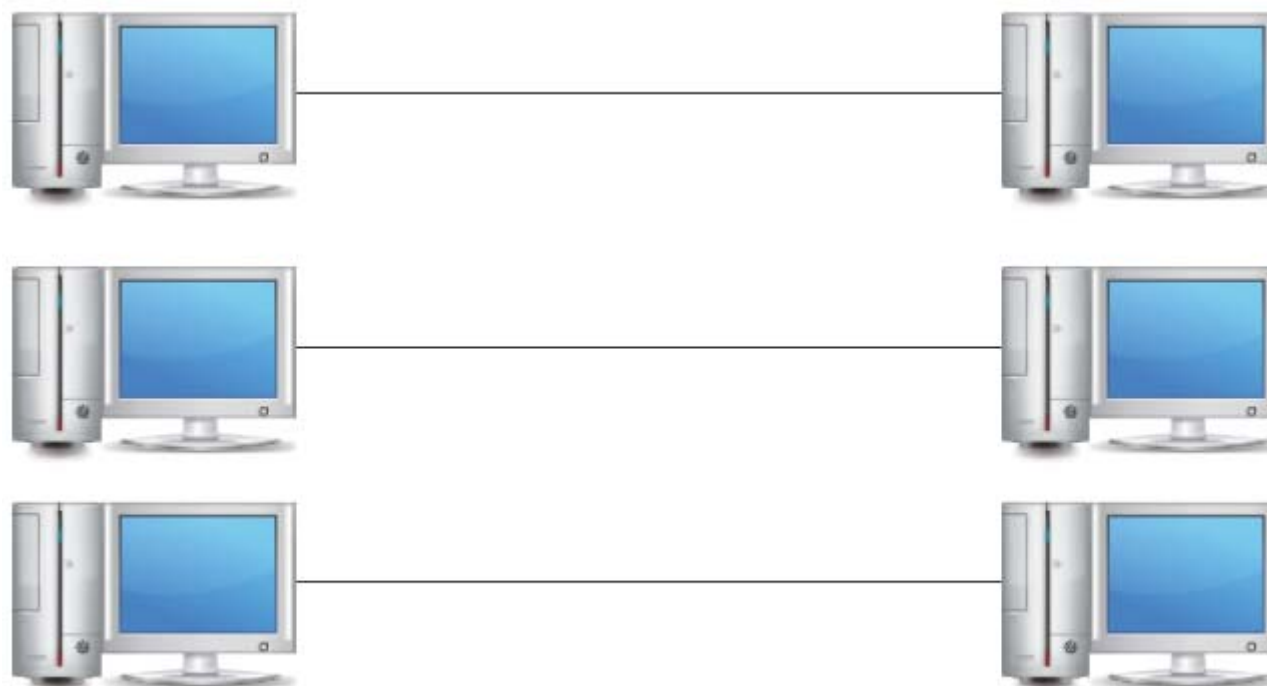
2-8

2-9

2-10

習題

2-7 多工技術



●圖2-36 非多工技術

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

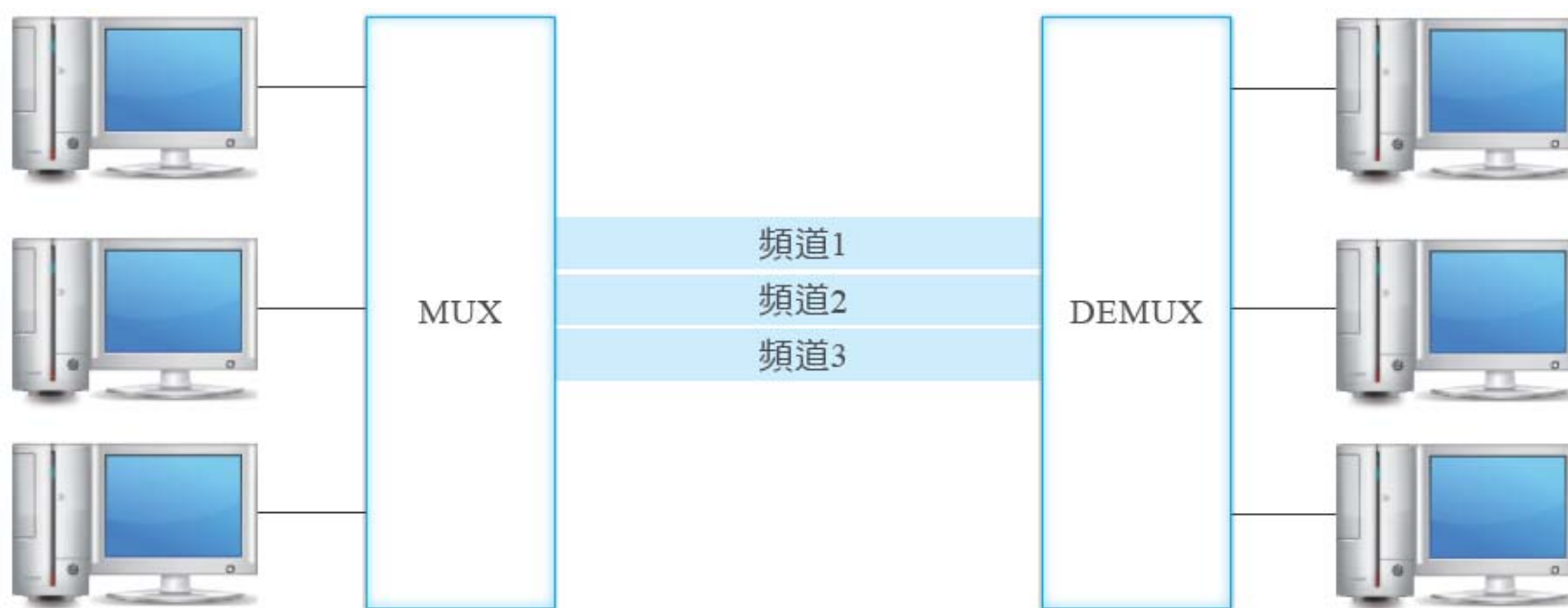
2-9

2-10

習題

2-7-1 FDM

► FDM是將頻譜分成多個邏輯頻道，每個使用者各自擁有專用的頻道。



●圖2-37 FDM概念

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

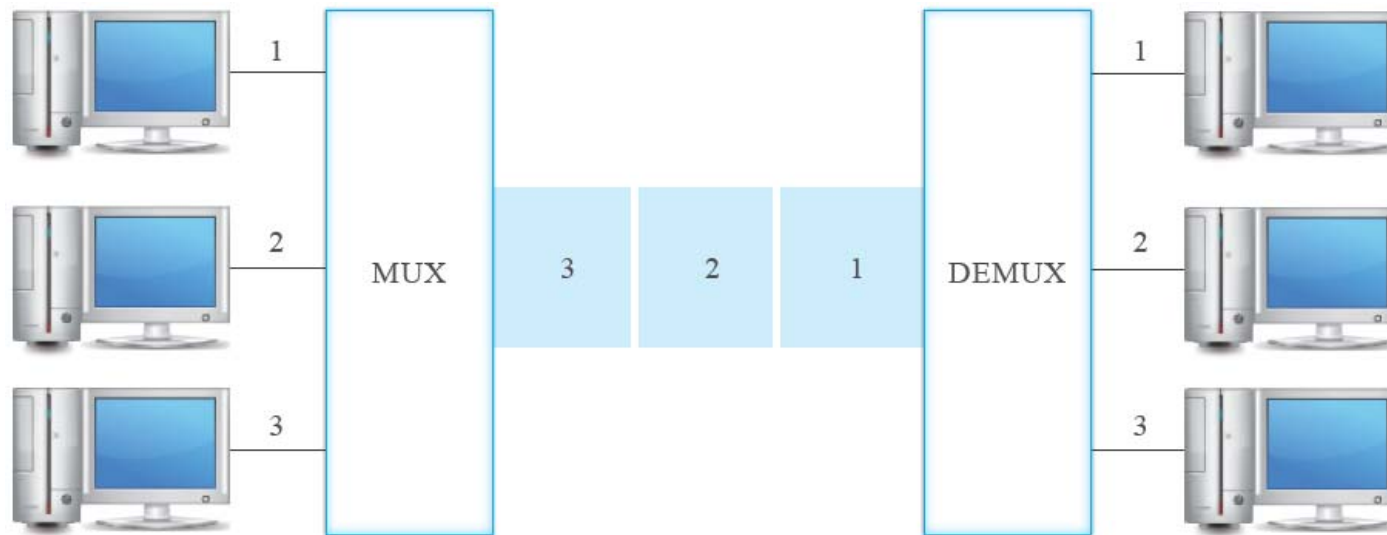
2-9

2-10

習題

2-7-2 同步式與非同步式TDM - 同步式TDM

- 同步式TDM是將時間切分成許多個短時段，每一使用者週期性地在此短時段內取得完整的頻寬。



●圖2-38(a) 同步式TDM概念

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

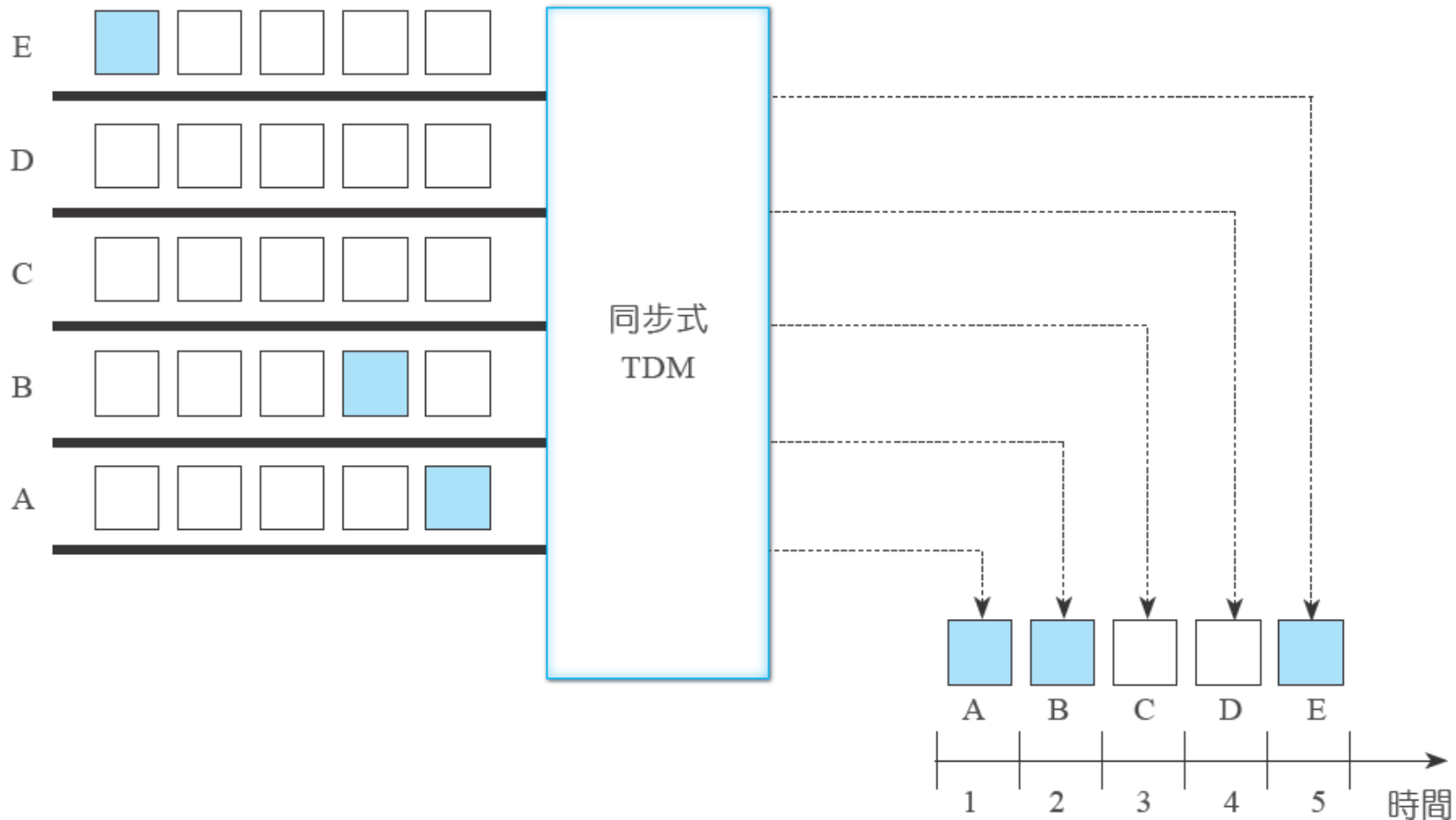
2-8

2-9

2-10

習題

2-7-2 同步式與非同步式TDM - 同步式TDM



2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

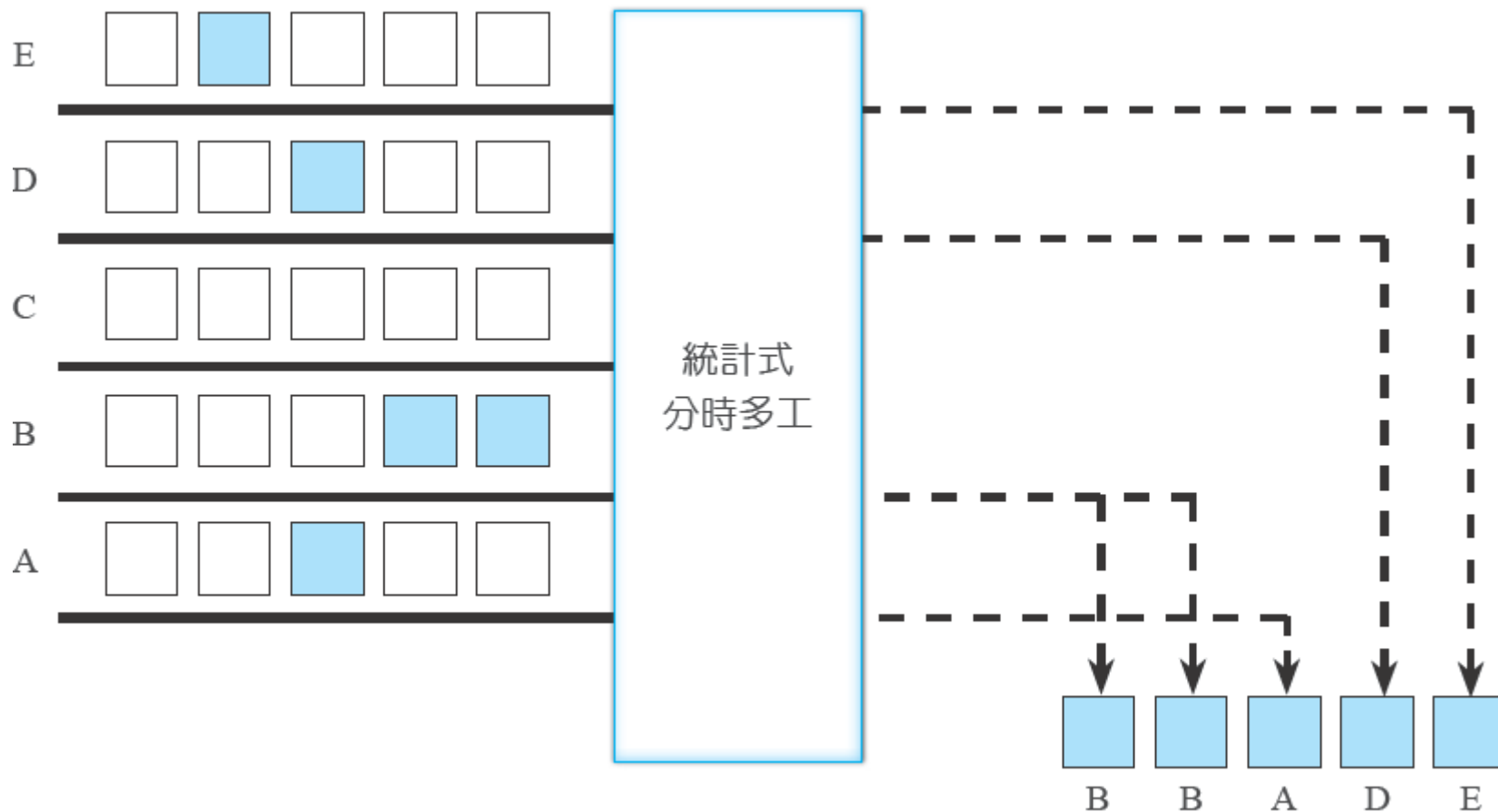
2-9

2-10

習題

●圖2-38(b) 同步式TDM

2-7-2 同步式與非同步式TDM - 非同步式TDM



●圖2-39 非同步式TDM

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-7-2 同步式與非同步式TDM

表2-2 同步式與非同步式TDM比較

項 目	同步式TDM	非同步式TDM
頻寬彈性	受限	具彈性
時間延遲	固定且較小	可變且較大
資訊流型態	適合穩定訊務	適合突發訊務
速率可變性	固定	可變具彈性
資訊損失	不可能	可能
每通道容許多重呼叫	不可能	可能
適用的交換型式	電路	分封
技術標準	早期	最近發展使用中
網路銜接	容易	複雜
廣播或分散式服務	受限	極佳

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

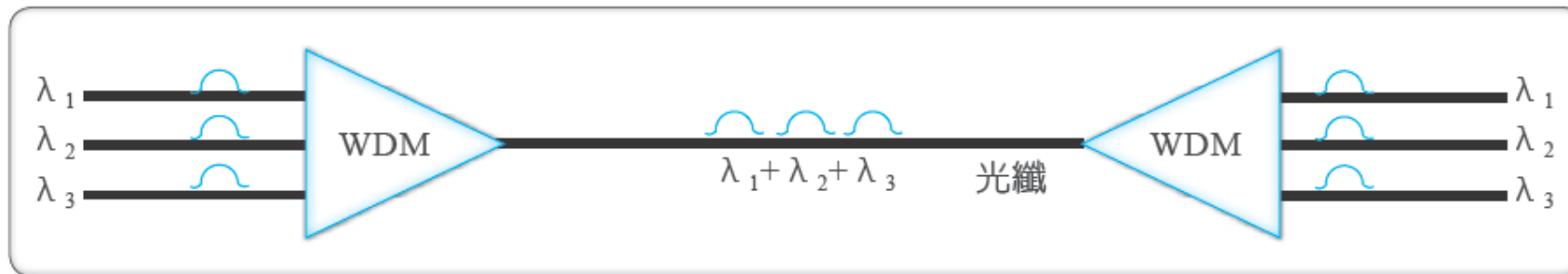
2-9

2-10

習題

2-7-3 WDM/DWDM/CWDM - WDM

- WDM是將兩種或多種不同波長的光載波訊號(攜帶各種資訊)在發送端經多工器匯合後，耦合到光纖進行傳輸的技術；在接收端，經解多工器將各種波長的光載波分離，以恢復原來訊號。



●圖2-40 WDM概念

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-7-3 WDM/DWDM/CWDM - DWDM/CWDM

- ▶ DWDM(Density WDM)則是高密度的多波長WDM技術，它是將不同來源的資料放在一條光纖上，系統藉著使用若干不同波長分享單一光纖，從而大幅提高頻寬效益。
- ▶ CWDM(Coarse Wavelength Division Multiplexing)，稱為粗式波長分割多工轉換。CWDM資料傳輸量較小，主要應用在區域乙太網路。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-8 基頻傳輸與寬頻傳輸

- ▶ 傳輸通訊技術分為基頻(baseband)傳輸與寬頻(broadband)傳輸2種。
 - ▶ 基頻傳輸是在電話線或光纖電纜上傳送訊號時直接以數位訊號送出，而沒有經過調變的傳輸通訊技術，像2-5-2節所談的訊號編碼均屬基頻傳輸的編碼方式。
 - ▶ 寬頻傳輸則需經過調變，它不像基頻傳輸可直接將資料轉換為訊號送出去，而是將資料加在載波(即用來載送資料的電波)上一齊送出。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-8 基頻傳輸與寬頻傳輸

- 在日常生活中，經常會聽到『寬頻上網』、『寬頻到府』等名詞，請注意這裡所說的寬頻是指連線速率至少為1.544Mbps(即T1)或2.048Mbps(即E1)，非本節所講的寬頻。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-8 基頻傳輸與寬頻傳輸

- ▶ 如果用類比訊號模擬數位訊號，相似準確度與頻寬有關，換言之，要使類比訊號接近數位訊號，就要增加更多的頻率諧波。就第1諧波而言，頻寬 B 等於數位訊號位元速率 S 的一半(即頻寬 $=S/2$)，此頻寬也是最低頻寬，但準確度較差。就第1、3諧波而言，相似準確度有改善；就第1、3、5諧波而言，相似準確度就非常接近，這也說明基頻傳輸所需要的頻寬 B 與位元速率 S 成正比，如表2-3所示。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-8 基頻傳輸與寬頻傳輸

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

表2-3 頻寬與位元速率的關係

位元速率S	第1諧波	第1、3諧波	第1、3、5諧波
2kbps	$B = 1\text{k Hz}$	$B = 3\text{k Hz}$	$B = 5\text{k Hz}$
20kbps	$B = 10\text{k Hz}$	$B = 30\text{k Hz}$	$B = 50\text{k Hz}$
200kbps	$B = 100\text{k Hz}$	$B = 300\text{k Hz}$	$B = 500\text{k Hz}$

2-9 數位傳輸通道

- ▶ 整合服務數位網路(Integrated Service Digital Network ; ISDN)最早概念乃在1972年由CCITT(現稱為ITU)正式提出。ISDN的目的在使用單一網路提供使用者多樣化的整合服務，如聲音、影像及數據傳輸，並解決執行這些服務時所衍生的同步問題。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9 數位傳輸通道

- ▶ 整合服務數位網路上的通道型態，分別為B、D及H共3種。
- ▶ B通道傳輸速率為64kbps，可運作在電路交換或分封交換網路，主要負責傳送使用者訊息，包括聲音、數據等
- ▶ D通道有兩種傳輸速率，分別為16kbps(稱D0)或64kbps(稱D2)，主要做控制訊號、遙控訊息的傳送

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9 數位傳輸通道

- ▶ H通道又可分為H0、H10、H11及H12共4種通道，傳輸速率分別為384kbps(6個B通道)、1472kbps (23個B通道)、1536kbps(相當4個H0通道)及1920kbps(相當30個B通道)，常應用於視訊會議與多媒體通訊等。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9-1 BRI與PRI

- ▶ ISDN 用戶與網路介面 (User to Network Interface ; UNI)的存取型態有兩種方式
 - ▶ 一為基本速率介面(Basic Rate Interface ; BRI)
 - ▶ 另一為原級速率介面(Primary Rate Interface ; PRI)。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

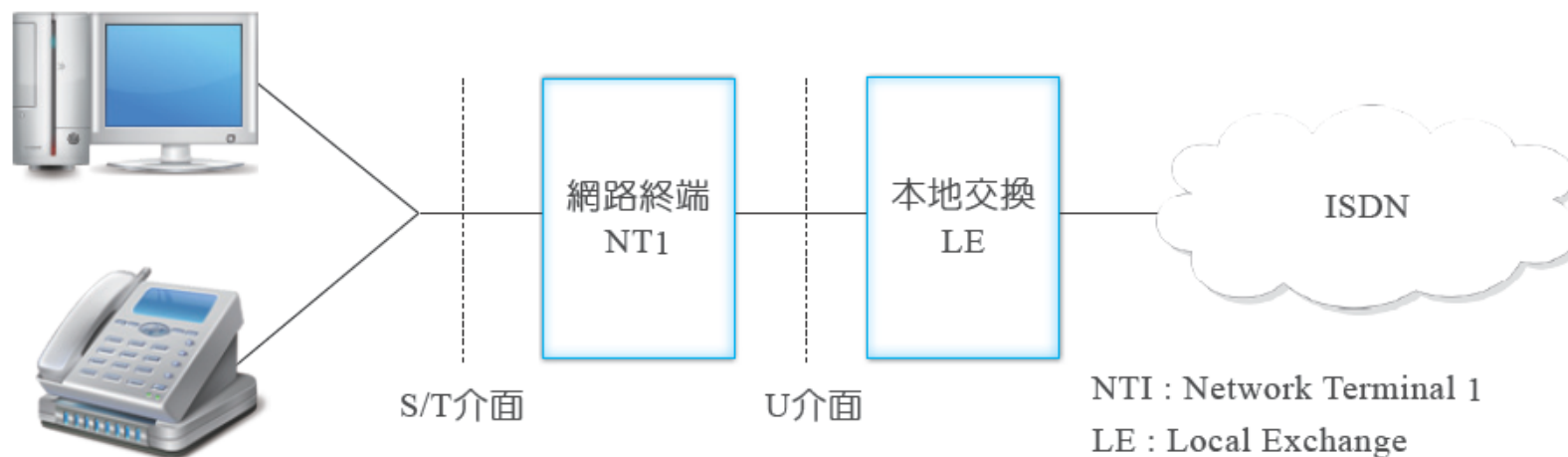
習題

2-9-1 BRI與PRI-BRI

- ▶ BRI由2個B通道及一個D0 (16k bps)通道所組成。

NTI : Network Termination

LE : Local Exchange



●圖2-41(a) ISDN BRI

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9-1 BRI與PRI-BRI

- ▶ PRI分成2種方式：歐規由30個B通道及一個D2(64kbps)通道所組成，傳輸速率可達2.048Mbps；美規由23個B通道及一個D2通道所組成，傳輸速率可達1.544Mbps。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9-1 BRI與PRI-BRI

- ▶ BRI應用在頻寬需求較低的住家網路；而PRI則應用在頻寬需求較高的企業用戶，如圖2-41(b)所示。
- ▶ 由於BRI及PRI傳輸速率較低，因而寬頻整合服務網路(Broadband Integrated Service Digital Network；BISDN)是第二代的整合服務網路技術

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-9-1 BRI與PRI-BRI

- ▶ 在光纖網路上，傳輸速率可達150Mbps與622Mbps，它的出現讓需求高寬頻的多媒體通訊獲得解決。
- ▶ 而非同步傳輸模式 (Asynchronous Transfer Mode ; ATM)正是BISDN的傳輸標準模式。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

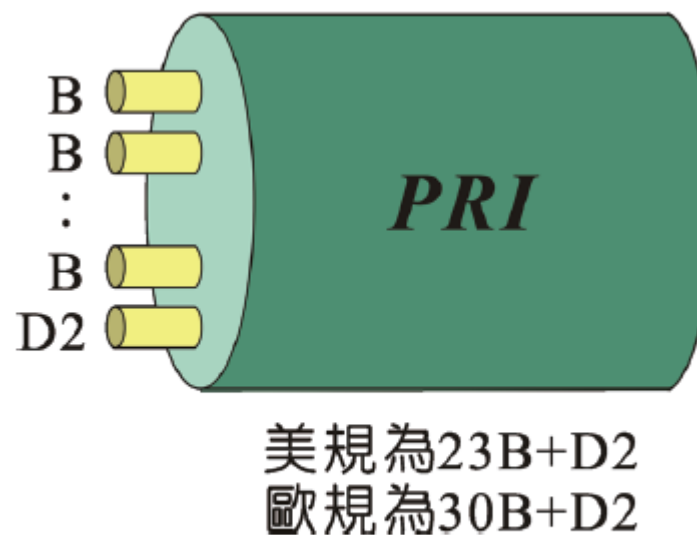
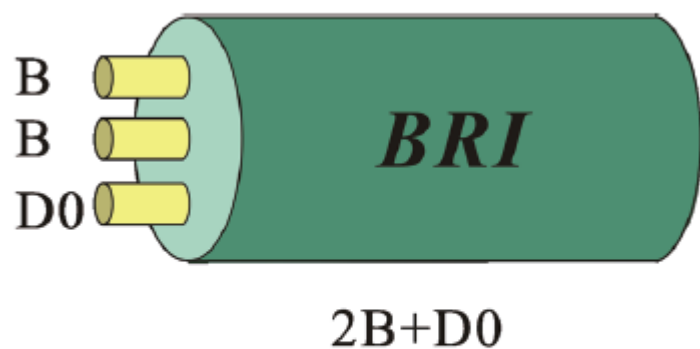
2-8

2-9

2-10

習題

2-9-1 BRI與PRI



●圖2-41(b) BRI與PRI

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10 錯誤偵測

- ▶ 訊號被數位化後，在傳輸過程中難免會因受到干擾而導致傳輸資料改變發生錯誤，因而可以在資料中加入一些額外資料，使得資料傳送至接收端時，可利用這些額外多餘的資料來偵測錯誤及校正錯誤。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10 錯誤偵測

► 常見的錯誤偵測方法有：

1. 同位檢查碼(parity check code)，包括垂直冗餘檢查與縱向冗餘檢查；
2. 循環冗餘檢查碼(Cyclic Redundancy Check；CRC)
3. 檢查和(check sum)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

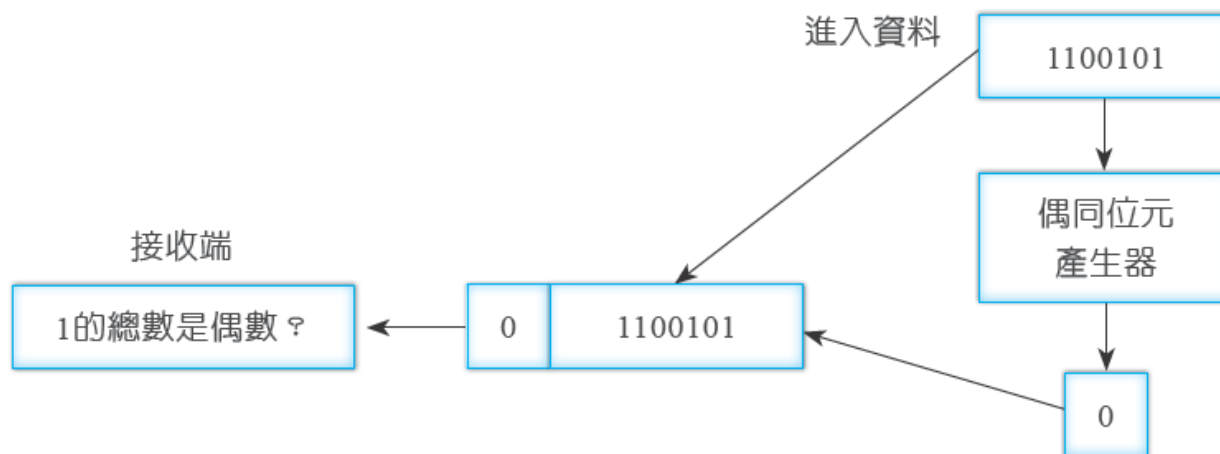
2-9

2-10

習題

2-10-1 垂直冗餘檢查

- 垂直冗餘檢查(Vertical Redundancy Check ; VRC)，通常稱為同位檢查(parity check)。此方法最常用在區域網路或數據通訊中的非同步傳輸及字元導向同步傳輸。



●圖2-42 偶同位VRC檢查碼之概念

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-1 垂直冗餘檢查

► 範例2：

假設發送端想要送「hello」這個字，請利用偶同位VRC檢查。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-1 垂直冗餘檢查

- ▶ 解：從ASCII表中查出，這5個字元被編碼成：
- ▶ 1101000 1100101 1101100 1101100 1101111
- ▶ h e l l o
- ▶ 為讓1的總數變成偶數個，除了第一個字元有奇數個1，所以同位位元是1，其他字元均有偶數個1，所以同位位元是0。結果變成
- ▶ 11101000 01100101 01101100 01101100 01101111
- ▶ 並發送出去；

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

範例2：（續）

- ▶ 假設「hello」這個字，在沒有發生錯誤的情況下被接收端收到如下所示：
- ▶ 11101000 01100101 01101100 01101100
01101111
- ▶ 接收端計算每一個字元中的1，並且得出偶數值(4, 4, 4, 4, 6)。這個資料就會被接受。反之，若接收端得出的值是(5, 4, 4, 4, 6)，就知道這個資料發生單位元的錯誤，它會丟棄該資料。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

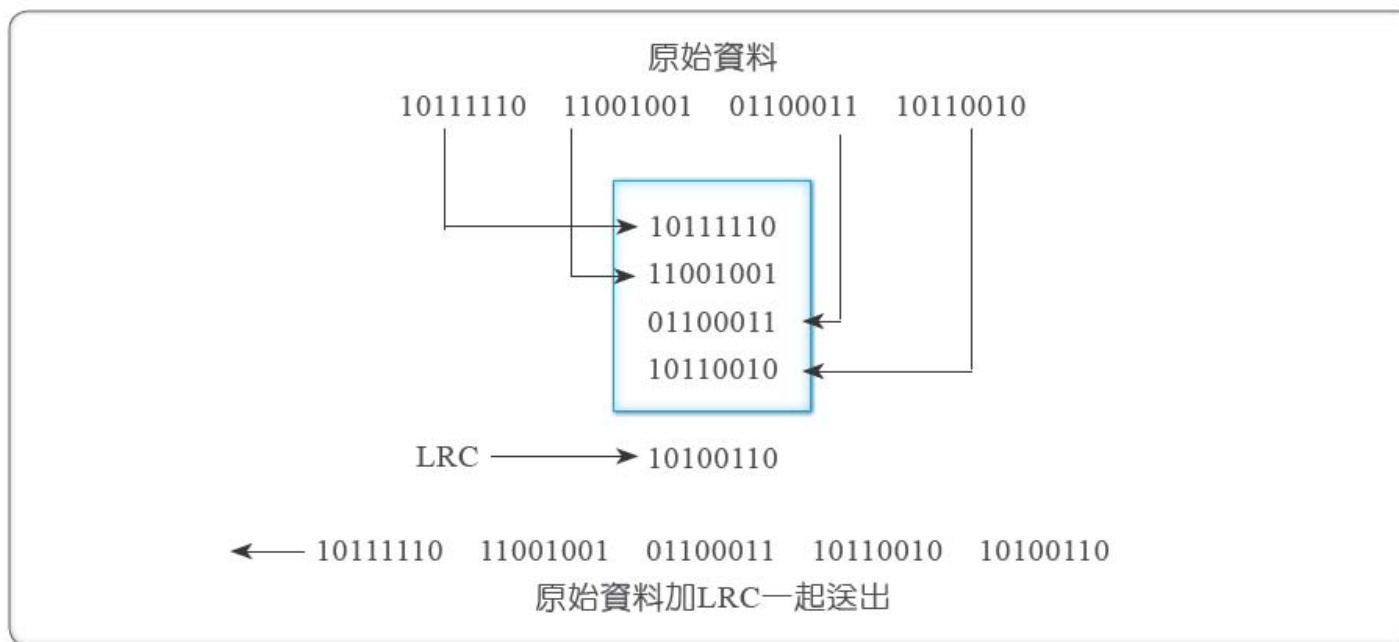
2-9

2-10

習題

2-10-2 縱向冗餘檢查

- 一個縱向冗餘檢查(Longitudinal Redundancy Check ; LRC)中的位元區塊是被組織在一個列表(行和列)，如圖 2-43說明偶同位LRC的編碼方式。



●圖2-43 縱向冗餘檢查

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-3 循環冗餘檢查(CRC)

- 為了解決單位元錯誤、單獨2個位元錯誤、奇數個錯誤，和連串錯誤(單獨多個位元錯誤)的問題，就可以使用循環冗餘檢查(Cyclic Redundancy Check ; CRC)。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-3 循環冗餘檢查(CRC)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

$$\begin{array}{r}
 110011 \\
 1001 \overline{) 110101000} \longrightarrow \text{左移的3個位置補0} \\
 \underline{1001} \\
 1000 \\
 \underline{1001} \\
 0011 \\
 \underline{0000} \\
 0110 \\
 \underline{0000} \\
 1100 \\
 \underline{1001} \\
 1010 \\
 \underline{1001} \\
 011 \longrightarrow \text{餘數}
 \end{array}$$

●圖2-44(a) 發送端CRC計算

$$\begin{array}{r}
 110011 \\
 1001 \overline{) 110101011} \longrightarrow \text{左移的3個位置補011} \\
 \underline{1001} \\
 1000 \\
 \underline{1001} \\
 0011 \\
 \underline{0000} \\
 0110 \\
 \underline{0000} \\
 1101 \\
 \underline{1001} \\
 1001 \\
 \underline{1001} \\
 000 \longrightarrow \text{餘數}
 \end{array}$$

●圖2-44(b) 接收端CRC計算

2-10-4 檢查和

- ▶ 所謂「檢查和」，是將原始資料全部相加，得到的和(包含進位值)再取1的補數，然後將此補數值附加於原始資料之後一起傳送出去，接收端收到這份資料，也以同樣方式計算出總和，並取1的補數，再檢查這個補數值是否為0，若是的話，表示傳輸過程中一切正確。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-4 檢查和

$$\begin{array}{r}
 11001110 \\
 + 11100011 \\
 \hline
 110110001 \\
 \text{1(進位)} \\
 \hline
 10110010 \\
 \text{檢查和} \rightarrow 01001101 (1 \text{ 的補數})
 \end{array}$$

●圖2-45(a) 發送端檢查和計算

$$\begin{array}{r}
 11001110 \\
 11100011 \\
 + 01001101 \\
 \hline
 111111110 \\
 \text{1(進位)} \\
 \hline
 11111111 \\
 \text{檢查和} \rightarrow 00000000 (1 \text{ 的補數})
 \end{array}$$

●圖2-45(b) 接收端檢查和計算

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-4 檢查和

► 範例3：

假設發送端想要送「cooker」這個字，利用檢查和計算。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-4 檢查和

▶ 解：

▶ 從ASCII表中，查出這6個字元被編碼成：

▶ 01100011 01101111 01101111 01101011 01100101 01110010

▶ c o o k e r

▶ (接下頁)

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-4 檢查和

► 發送端檢查和計算如圖2-46(a)所示

	01100011	01101111	
	01101111	01101011	
	01100101	01110010	
+	00000000	00000000	(檢查和的初值)
<hr/>			
	100111000	01001100	
			↓
+			1 (進位)
<hr/>			
	00111000	01001101	
檢查和→	11000111	10110010	(1的補數)

●圖2-46(a) 「cooker」在發送端檢查和計算

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

2-10-4 檢查和

► 接收端檢查和計算如圖2-46(b)所示：

	01100011	01101111	
	01101111	01101011	
	01100101	01110010	
+	11000111	10110010 (接收到的檢查和)	
<hr/>			
	11111111	11111110	
+		1 (進位)	
<hr/>			
	11111111	11111111	
檢查和→	00000000	00000000 (1的補數)	

●圖2-46(b) 「cooker」 在接收端檢查和計算

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

本章習題

- ▶ (3) 1. 5Hz表示每秒變化 (1)0.5週 (2)10週 (3)5週 (4)以上皆非。
- ▶ (1) 2. 週期等於 $10\mu\text{s}$ ，表示頻率為？ (1)0.1MHz (2)1MHz (3)10MHz (4)以上皆非。
- ▶ (3) 3. 下列何者為網路或資料的傳輸速率單位？ (1)byte (2)Hz (3)bps (4)以上皆可。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

本章習題

- ▶ (2) 4. 若位元傳輸速率是2000bps，位元區間為何？
(1)0.25ms (2)0.5ms (3)0.25s (4)0.5s。
- ▶ (3) 5. 若位元傳輸速率是5000bps，則0.05秒內可傳多少位元？ (1)10K (2)0.1K (3)0.25K (4)5K。
- ▶ (2) 6. 一複合訊號可以分解成4個正弦波組成，即1KHz、1.2KHz、1.5KHz、3KHz，則此複合訊號頻寬為何？
(1)1KHz (2)2KHz (3)3KHz (4)4KHz。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

本章習題

- ▶ (2) 7. NRZ-I編碼有幾個電位位階？ (1)1 (2)2 (3)3 (4)4。
- ▶ (4) 8. 假設訊息碼為1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1，使用AMI編碼後，可得出？ (1) +1 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 +1 (2) +1 0 0 0 0 -1 0 +1 0 0 +1 (3) +1 0 0 0 0 -1 0 -1 0 0 -1 (4) +1 0 0 0 0 -1 0 +1 0 0 -1。
- ▶ (4) 9. 一訊號每秒取樣8000次，每個取樣有16位元，位元傳輸速率為何？ (1)64Kbps (2)96Kbps (3)112Kbps (4)128Kbps。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題

本章習題

- ▶ (2) 10. 一段5分鐘的類比語音，若採用電話語音的取樣頻率8KHz，編碼長度16bits，試求數位化後的資料量為何？ (1)3.6MB (2)4.8MB (3)6MB (4)7.2MB。
- ▶ (3) 11. 廣播電視節目的播放屬何種傳輸？ (1)全雙工傳輸 (2)半雙工傳輸 (3)單工傳輸 (4)以上皆非。
- ▶ (1) 12. BRI的D0通道速率為何？ (1)16Kbps (2)24Kbps (3)48Kbps (4)64Kbps。

2-1

2-2

2-3

2-4

2-5

2-6

2-7

2-8

2-9

2-10

習題