

萬用光學發射器

滿足各種不同應用需求

複雜的光學調變機制，所使用的發射器勢必也相當複雜。幸好當今的網路變得更加簡單明瞭。

作者：Stephanie Michel/Keysight

善用開關鍵控(OOK)的簡易特性

先前我們曾探討複雜的光學調變機制，當時我們刻意略過不談簡單的開關鍵控(OOK)法，而集中討論以光振幅作為傳送資料的載體；如果光波相位也能用於資料編碼，一個充滿全新可能性的世界將於焉誕生。在那篇文章中我們曾提及，這樣做充滿著技術挑戰。傳送OOK信號時，您只需使用以電子雷射驅動電流進行直接調變的雷射，因而得到二進位強度的光信號。如果您也想執行相位調變，就很難找到這麼經濟、小巧的解決方案。好在，當發射器變得更精密複雜，我們可以不必太重視全網路的色散補償(dispersion compensation)。這個問題如今可利用接收器端的信號處理演算法予以解決；新建光纖網路時便可免去進行色散補償的必要，可省下大筆金錢。

利用光電效應控制相位

我們可依據局部電場強度，

利用鈮酸鋰(lithium niobate)等晶體的折射指數 n ，來建立相位調變器；這就是所謂的光電效應。這種方法對相位調變有什麼好處呢？如果 n 為電場強度函數，則通過晶體的光速與波長也成為電場強度函數。如此，當您在晶體上施加電壓，通過晶體光線的波長會縮短，如此便可藉由選擇適當電壓來控制既有光線的相位。圖1是此原理的圖解。

Mach-Zehnder 調變器

實務中，上述效應被使用在

Mach-Zehnder 調變器中。此處，光線被分成兩股，其中之一或兩者通過上述的鈮化鋰晶體相位偏轉元件。隨後，兩者信號產生相位差，該相位差隨兩個光通道之間所施加電壓差別 U 而異。於是，當兩者再度結合時， U 也決定兩者之間所產生的是建設性干擾或破壞性干擾。可參考圖2的方塊圖，及傳送光線功率與 U 之間的週期關係。半波電壓 U (為功率傳輸時產生) 相位變化所需的電壓，也就是模組傳輸零工率與傳輸 100% 輸入功率之間

圖1：施加的電壓 U 越高，光線穿過晶體的速度就越慢，可用來控制既有光線的相位。

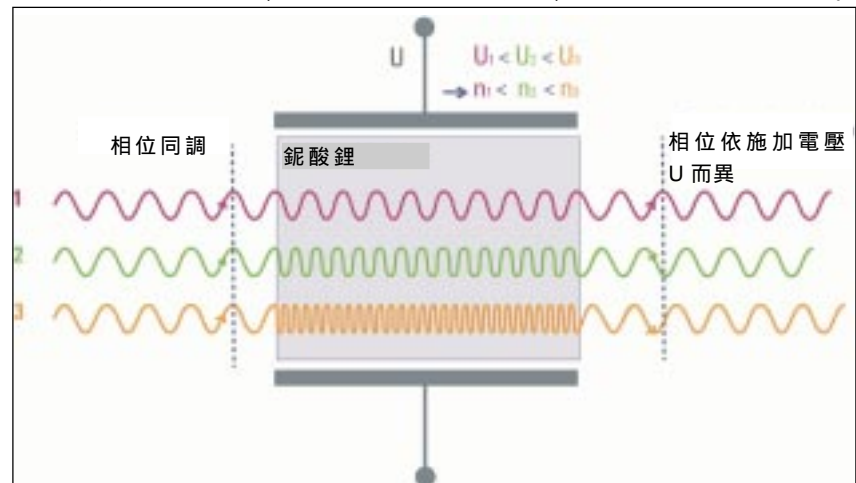


圖 2：Mach-Zehnder 調變器傳輸電力與電壓差的週期關係，其中 U_{π} 為零電壓傳輸與全功率傳輸之間的電壓變化

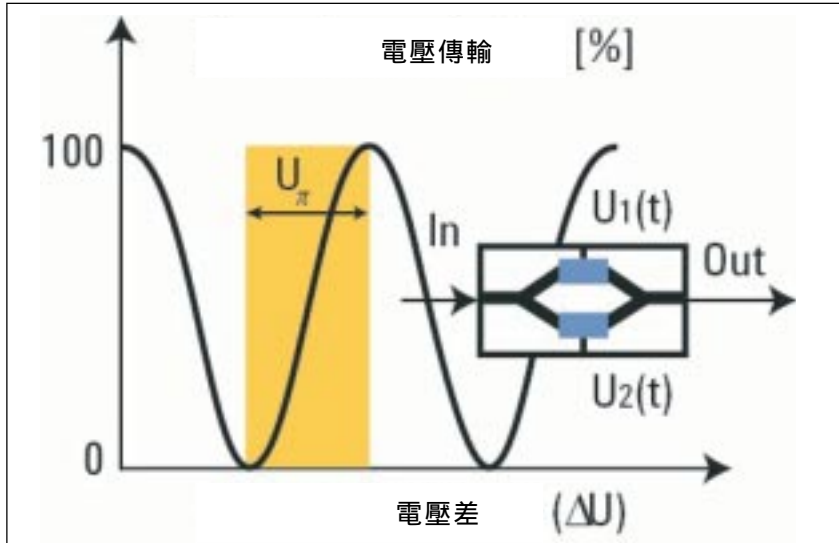


圖 3：Mach-Zehnder 調變器的相位偏移、時域及 IQ 圖的實例

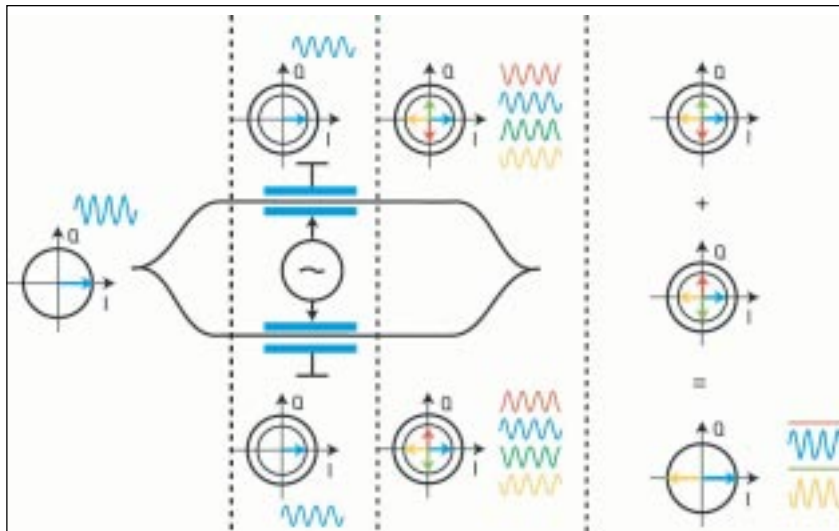
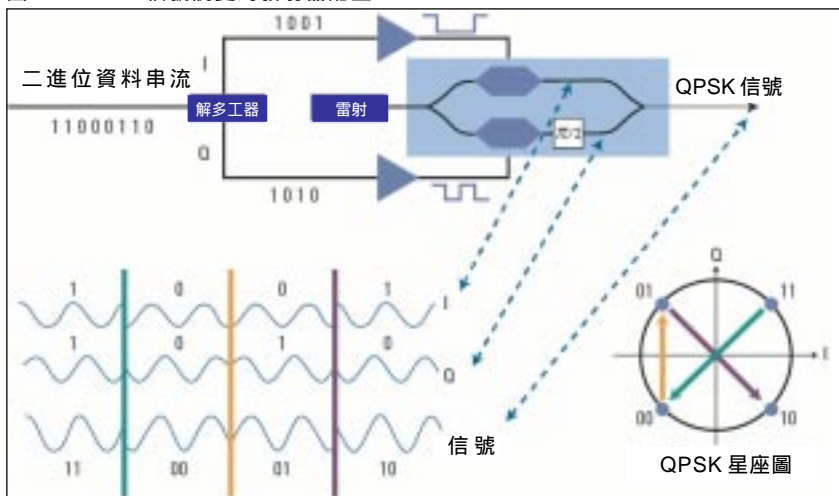


圖 4：QPSK 信號調變的發射器配置



的電壓差。

也可用 IQ 圖說明 Mach-Zehnder 調變器的相位偏移效應。

圖 3 中，我們以一恆定振幅的正弦波為例，並定義其相對相位 $= 0$ 。將信號分離後，各分支只有一半功率。在藍色圖例中，分支調變器上都沒有受到電壓，於是各分支線路如果長度相等，其信號的相對相位將保持不變。再度組合後，我們得到與原本振幅相同的正弦波。

在紅色圖例中，下方分支信號經歷到的相位偏移，其上方分支信號經歷到的相位偏移。綠色圖例則正好相反。兩者相同處為於是當兩個信號再度組合後，互相產生破壞性干擾。兩個向量的和成為零向量。因此在紅色與綠色圖例中，在調變器輸出端沒有信號。

在黃色圖例中，將 Mach-Zehnder 調變器的電壓調整到使信號的相位偏移為 $\pi/4$ 。當兩個信號重疊時，得到建設性干擾。所得的波形為原始振幅偏移了 $\pi/4$ 的正弦波。

使用 Mach-Zehnder 調變器傳輸 QPSK 信號

在 QPSK 調變實例中，我們將可瞭解發射器架構如何使用 Mach-Zehnder 調變器。圖 4 顯示完整方塊圖，並重溫在《哪種光學調變機制最適合我的應用》中所討論的 QPSK 調變原理。

在發射器內，電氣位元串流

信號被一解多工器分解成 I 部與 Q 部。兩部分各自在 Mach-Zehnder 調變器的一股分支內直接調變雷射信號的相位。另一 Mach-Zehnder 元件使下方 Q 分支的相位偏移 π 。將兩分支重新組合後，得到圖 4 底部所示的 QPSK 合成信號。

支援更複雜調變機制的發射器

在高階調變機制中，例如 16-QAM，發射器裝置須能提供更多振幅位準與相位，也就是說更為複雜化。各 16-QAM 符號可編碼 4 位元，需使用 2 種功率位準。

有多種方法可達成這個目的；例如使用不同的模組架構，

而且各自在電氣與光學領域中進行程度相異的調變。

圖 5 顯示 4 種施行實例，您可比較其差異。

左上圖所示的發射器由分離元件構成。其數位轉類比轉換在光學信號中完成。可看到共有 4 個輸出通道，對於諸如誤碼率測試儀(BERT)，可電氣化產生符號的 4 個位元。4 組電壓驅動 2 個 Mach-Zehnder 調變器。後面緊接著分離器的雷射源提供 2 組光信號，接著由 Mach-Zehnder 干擾計(interferometer)對 2 組光信號進行調變。在下方分支，可看到後面的光學衰減器，以取得次低光波振幅。上方分支有另一 Mach-Zehnder 元件，可用來偏移相對於

下方分支的相位。重新組合後，可得到 16-QAM 光學信號，以作為干擾信號。

我們需要不只一套 Mach-Zehnder 調變器，這是這種配置的缺點，因為各項元件都很昂貴。同時，鋯化鋰必須保持恆定的操作溫度，才能確保精準的相位控制。這點很難保證。

如果能像圖 5 的右上圖那樣，將 Mach-Zehnder 干擾計整合在同一光學晶片上，控制就簡單多了。此處分支 1 與分支 2 分別發射出 QPSK 信號。兩個信號的干擾結果就成為圖 6 所示的 16-QAM 信號。這個方案的缺點是還沒商品化。

在圖 5 底部，顯示兩種在電

圖 5：超越 QPSK 調變格式的進階發射器理念，例如 16-QAM

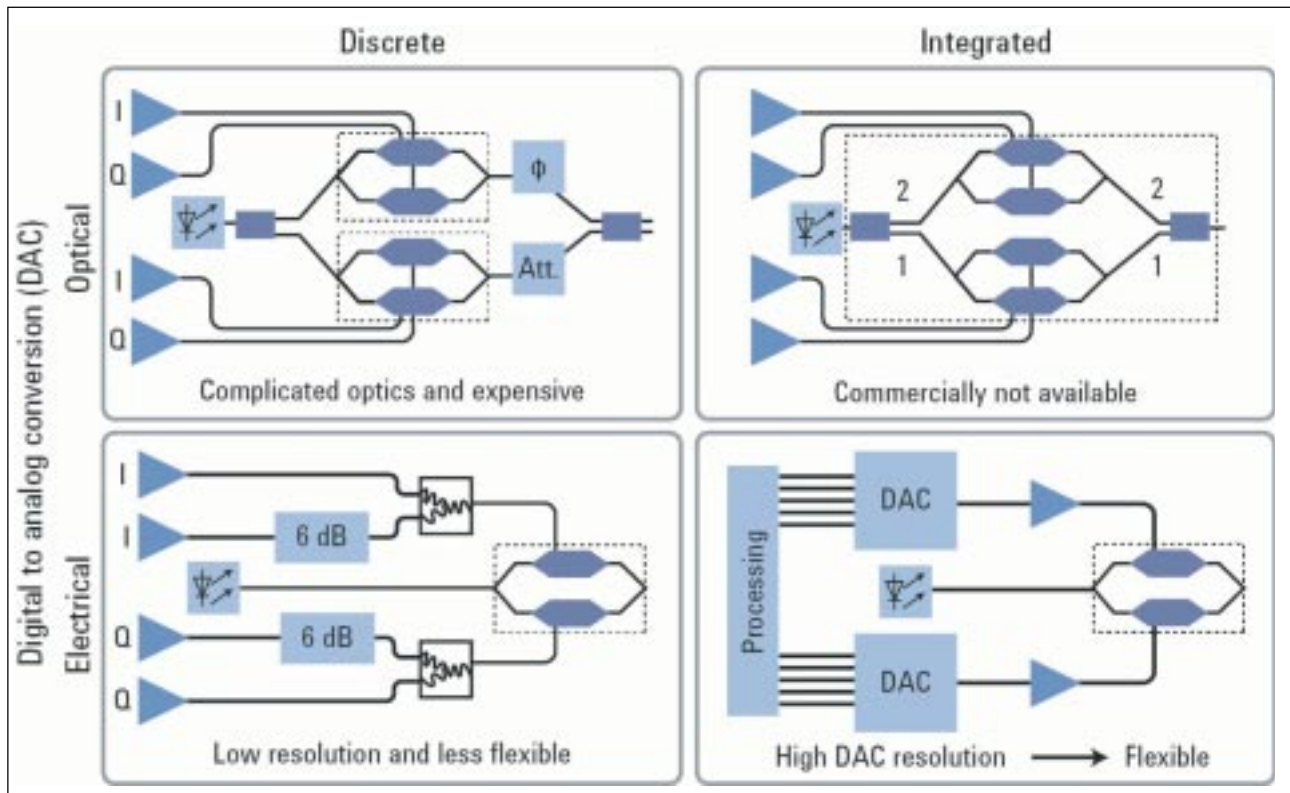
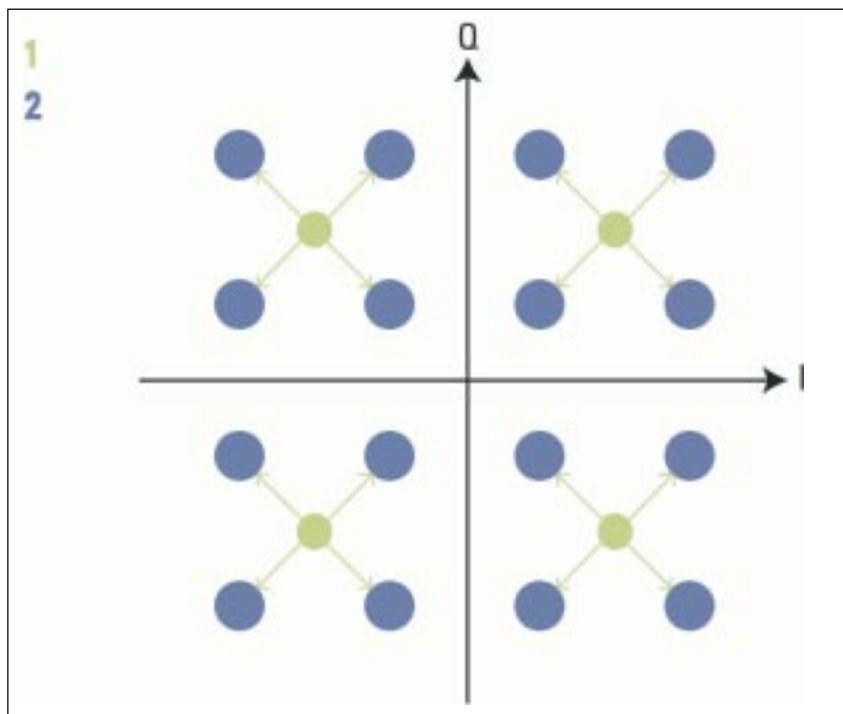


圖 6：在 2 個平行步驟中執行 16-QAM 調變：在一個分支中，將綠色 QPSK 信號調變，並將其與第二分支的另一 QPSK 信號互相迴旋纏繞。該第二分支呈現為藍色的 16-QAM 星座點。




氣領域進行數位轉類比的解決方案。可使用標準樣式產生器建立 4 位元序列。在左邊，上方兩股為信號的 I 部。一股中的衰減器提供另一波幅位準。下方兩股的情形也是一樣，信號的 Q 部在此發源。通過組合器後，由 2 階電氣信號控制 Mach-Zehnder 調變器的光學信號。這個方法的缺點是，大量元件使架構十分複雜，因此不具彈性。同時無法實現諸如供 64-QAM 使用的高階調變機制，因為其電壓解析度不足以提供兩階以上的振幅位準。

右下方例子顯示最方便也最具彈性的變體：此處信號由任意波形產生器(AWG)調變，隨後再驅動 Mach-Zehnder 干擾計。利用這樣的配置，便能產生更多階位

準。可以想像將來一定會出現比 16-QAM 更複雜的調變機制，並普遍使用這種光學發射器解決方案。

到目前為止我們的思考都集中在經複雜調變的光學信號的發射器晶片。我們將在下回課程中學習更多接收器方面的內容。

參考文獻

1. P. J. Winzer, R.-J. Essiambre : Advanced modulation formats, Proc. IEEE, 94(5), 2006
2. 本文所有保留圖解由 Oliver Funke, Stephanie Michel, Bernd Nebendahl 及 Rene Schmogrow 提供。 

展訊使用 Cadence Innovus 實現系統加速設計效率

益華電腦(Cadence Design)宣布，展訊通信(上海)有限公司運用全新的 Cadence Innovus 設計實現系統，大幅縮短數百萬級 28nm IP 模塊的週轉時間(TAT)，同時達成功耗、效能與面積(PPA)目標。相較於使用其原先的方案，Innovus 方案大幅減少展訊這 IP 模塊的週轉時間，同時滿足原定的 PPA 目標。

展訊設計執行速度的提升與產能的增益，導源於 Innovus 設計實現系統的最新 GigaPlace 佈局引擎，高品質佈局最佳化搭配先進的全流程多重執行緒技術強化的快速收斂。多重執行緒技術貫穿整個 Innovus 設計流程，讓當今設計伺服器領域中常見的 8 與 16 顆 CPU 機器能夠發揮最佳產能。

展訊通信 ASIC 副總裁 Robin Lu 表示：「與原先的解決方案相比，Innovus 設計實現系統大幅提升展訊一個數百萬級關鍵 IP 核心的執行速度。由於執行速度的提升，我們能夠在競爭日益激烈的行動裝置市場上，很有信心地採取積極時程表，同時提供卓越的品質。」

Cadence 數位與 Signoff 事業群資深副總裁 Anirudh Devgan 表示：「在這個上市前置時間很短，以快速週轉時間積極達成 PPA 至為關鍵的市場上，展訊的設計堪稱為行動應用中極為複雜的設計。Innovus 設計實現系統提供卓越的起始佈局，利用它大量的多重執行緒最佳化引擎，在最佳的時間內達成功耗、效能和面積目標，讓這些複雜的設計得以加速實現。」

有關 Innovus，請上網查詢：
www.cadence.com/news/innovus。