

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96123358

※ 申請日期：2007 年 6 月 27 日

※IPC 分類：
G06F 17/4
(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

最佳化之多模 DFT 實務

OPTIMIZED MULTI-MODE DFT IMPLEMENTATION

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

芬蘭商·諾基亞股份有限公司

NOKIA CORPORATION

代表人：(中文/英文)

歐賈佩拉安

OJANPERA, ANNE

住居所或營業所地址：(中文/英文)

芬蘭伊斯帕芬-02150 肯雅拉得太 4 號

Keilalahdentie 4, FIN-02150 Espoo, Finland

國 籍：(中文/英文)

芬蘭/Finland

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 許育源/XU, YUHUAN

2. 司沃爾爾魯維格/SCHWOERER, LUDWIG

國 籍：(中文/英文)

1. 德國/German

2. 德國/German

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.歐洲；2006年6月27日；06 013 260.2

2.歐洲；2007年3月16日；07 005 475.4

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種用於實施一預定向量大小之離散傅利葉轉換（DFT）之方法及裝置。

【先前技術】

許多目前通訊系統係基於正交分頻多工（OFDM）及相關技術。一訊號由時間域轉換至頻率域之傅利葉轉換或反向轉換係此等系統中最重要之處理模組。快速傅利葉轉換（FFT）係一種計算 DFT 及其逆向轉換之高效演算法。一般來說，FFT 對於大量其他應用（例如，用於求解部分差分方程）、用於快速乘以大整數及類似之演算法，也都非常重要。

FFT 之一侷限性在於其只能處理長度為 2^x 形式之資料向量，其中 x 為一正整數。但是，最新之通信標準，例如 EUTRAN/LTE（改進全球行動通訊系統地面無線電存取網路/長期發展）使用向量長度不是 2^x 之訊號的傅利葉轉換，此轉換需要 DFT。與 FFT 相比，DFT 演算法之標準前向實務將導致為 n^2 階之不可接收的處理時間。

美國專利第 5,233,551 號揭示了一種使用經典 FFT 規則之數基 12 DFT/FFT 構建模塊，其首先將輸入值分為第一層之六組值，每組兩個值，該等六組值中包含六個無乘法之數基 2 DFT 處理元素。然後將第一層之輸出（12 個複數值）分為兩組值，每組六個，且將其用作第二層之輸入，其中包含兩個無乘法數基 6 DFT 處理元素。結果，執行整

個 12 點複數 FFT 所需要的複數旋轉因數乘法及附屬定位被簡化為總共 144 次加法。

【發明內容】

因此，本發明之一目的係提供一種快速 DFT 實務，用於轉換向量長度不為 2^x 之訊號，且具有中等硬體複雜性。

此目的係藉由一種方法實現，該方法包含：

- 藉由至少一改進 DFT 模組實施一離散傅利葉轉換 DFT；

- 在各別由一中間積分級分離之不同乘法級之中，使用至少一種 DFT 模組，其包含第一、第二類型之旋轉因數之乘法；

- 藉由將該至少一類 DFT 模組與一遞迴級（被組態用於乘以一第三類旋轉因數）結合來產生該改進 DFT 模組；以及

- 在該遞迴級中，選擇性地在一旁通功能及一蝶形功能之間進行切換。

此外，以上目的係藉由一種裝置實現，該裝置包含：

- 一種用於執行一離散傅利葉轉換 DFT 之處理單元，該處理單元具有至少一改進 DFT 模組；

- 其中該改進 DFT 模組包含：

- 至少一類具有乘法級之 DFT 模組，用於乘以各別第一、第二類型之旋轉因數，該乘法級由中間積分級分隔；以及

○ 一遞迴級被配置用於乘以一第三類型之旋轉因數，該遞迴級被組態用於選擇性地提供一旁通功能或一蝶形功能。

相應地，一非 2^x 數基傅利葉轉換之實務可以被實現，其具有中等硬體複雜性，以及各種為個別硬體實務進行最佳化之向量長度。另外，可以降低操作數之階數（特別是乘法數目），從而縮短處理時間。

在一具體實施例中，至少一類 DFT 模組之至少兩種不同類型被結合用於獲得另一改進 DFT 模組。因此，至少一改進 DFT 模組及另一改進 DFT 模組可被結合用於獲得具有期望向量大小之 DFT。因此，可以獲得一不等於 2^x （ x 為一整數值）之期望向量大小。

根據一特定實務實例，該改進 DFT 模組可具有 12 取樣之向量大小，而另一改進 DFT 模組具有 24 取樣之向量大小。在此情況下，期望向量大小可以自 1152、576、288、144、48 及 24 中選擇。

如果該 DFT 之期望向量大小小於該改進 DFT 模組之向量大小，則可以選擇該遞迴級之旁路功能。

作為另一選項，可以藉由添加不同處理級之旋轉因數來替換一可能之乘法級。

其他有利修改將在相關申請專利範圍內描述。

【實施方式】

在下文中，將結合基於 Cooley-Tukey 演算法之 DFT 實務描述本發明之具體實施例。

Cooley-Tukey 演算法由 James W. Cooley 及 John W. Tukey 揭示“一種用於複雜傅利葉系列之機器計算的演算法” Math.Comput. 19, 297-301 (1965)。此係一種分而治之演算法，其將任意複合大小 $N = N_1 N_2$ 之 DFT 遞迴分解為許多較小的大小為 N_1 及 N_2 之 DFT，帶有 $O(n)$ 次複數單元根（通常稱之為旋轉因數）乘法。如果 N_1 為數基，其稱為按時間抽取（DIT）演算法，如果 N_2 為數基，則稱為按頻率抽取（DIF，也稱為 Sande-Tukey 演算法）。

一種使用 Cooley-Tukey 演算法之實例係在每一步驟將轉換分為大小為 $n/2$ 之兩部分，因此，其大小被限制為 2 的冪次，但通常可以使用任意因數分解。其各別被稱為數基 2 及混合數基情景（其他變化也具有其自己之名稱）。儘管該遞迴思想係遞迴的，但大多數傳統實務重新整理該演算法，以避免顯式遞迴。另外，因為 Cooley-Tukey 演算法將 DFT 分解為更小之 DFT，因此其可以與任意其他 DFT 演算法結合。

根據以下具體實施例，DFT 模組及裝置係基於 Cooley-Tukey 演算法實現，其具有一廣範圍之向量長度，例如，1200、600、300、150、75、50 及 25。所有模式之基本模組可以為 DFT-25，而其他模組係基於 DFT-25 構建，輸出值被重新排序。

作為稍後描述之另一實例，可以基於 DFT-12 及 DFT-72 模組獲得其他向量長度 DFT-1152、576、288、144、48 及 24 之實務。

此外，由於減少了乘法數目（使處理時間為 $n \cdot \log(n)$ 量級），所以對於硬體實現對該實務進行了最佳化。

儘管作為按時間抽取（DIT）實施亦係可能，但該等具體實施例作為 DIF 實施。

第 1 圖示出基於該 Cooley-Tukey 演算法之基本 DFT-25 模組之示意資料流圖。注意到，為具有更佳可讀性及清晰度，未用箭頭示出全部轉換。該 DFT 演算法可以描述如下：

$$y[k] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{nk} \{x[n] + x[n+5]W_5^k + x[n+10]W_5^{2k} + x[n+15]W_5^{3k} + x[n+20]W_5^{4k}\},$$

其中 $k = 0 \dots 24$ ，可進一步被轉換為：

$$y[5i] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{n(5i)} \{x[n] + x[n+5] + x[n+10] + x[n+15] + x[n+20]\},$$

$$y[5i+1] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{n(5i+1)} \{x[n] + x[n+5]W_5^1 + x[n+10]W_5^2 + x[n+15]W_5^3 + x[n+20]W_5^4\},$$

$$y[5i+2] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{n(5i+2)} \{x[n] + x[n+5]W_5^2 + x[n+10]W_5^4 + x[n+15]W_5^1 + x[n+20]W_5^3\},$$

$$y[5i+3] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{n(5i+3)} \{x[n] + x[n+5]W_5^3 + x[n+10]W_5^1 + x[n+15]W_5^4 + x[n+20]W_5^2\},$$

$$y[5i+4] = \sum_{n=0}^4 W_{25}^{n(5i+4)} \{x[n] + x[n+5]W_5^4 + x[n+10]W_5^3 + x[n+15]W_5^2 + x[n+20]W_5^1\},$$

其中 $i = 0 \dots 4$ 。

25 個輸入值 $X[0]$ 至 $X[24]$ 為自然順序（DIF），被分

為 5 組，每組 5 個值。將根據上述轉換公式在輸入及輸出端相等之該等旋轉因數 W_{xy} 被分為五組，每組五個旋轉因數。它們在資料流圖之“+”號旁邊的括弧中給出，可計算如下：

$$W_x^y = e^{j^* y^* 2\pi / x}。$$

每一括弧中之第一旋轉因數對應於“+”號之前的第一次轉換，第二旋轉因數對應於第二次轉換，以此類推。DFT-25 資料處理之結果 $Y[0]$ 至 $Y[24]$ 未被立即重新排序。在計算 DFT 之全部值之後將進行重新排序。

第 2 圖示出根據一第一具體實施例之基本 DFT-25 模組之實務的示意方塊圖。

輸入資料 ($X[i]$) 被提供至 $5x$ 或 5 倍保持單元 20，所儲存之取樣被提供至第一乘法器，與一被指派之旋轉因數 W_5^x 相乘，該旋轉因數在第一旋轉因數產生單元 10 處產生。該第一乘法器之五個連續輸出在第一積分器單元 30 相加，然後提供至一第二乘法器，在該處，所獲得之和被乘以另一被指派旋轉因數 W_{25}^x ，該旋轉因數在一第二旋轉因數產生單元 12 處產生。同樣，該第二乘法器之五個連續輸出在一第二積分器單元 32 相加，以獲得輸出資料 ($Y[i]$)。

第 3 圖示出一根據第一具體實施例之 DFT-75 模組之示意資料流圖，其係基於 Cooley-Tukey 演算法，衍生自三個基本 DFT-25 模組 50-1 至 50-3。再次注意到，為具有更佳可讀性及清晰度，未用箭頭示出全部轉換。

該演算法可以描述如下：

$$y[k] = \sum_{n=0}^{24} W_{75}^{nk} \{x[n] + x[n+25]W_{75}^{25k} + x[n+50]W_{75}^{50k}\},$$

其中 $k = 0 \dots 74$ ，可進一步被轉換為：

$$y[3i] = \sum_{n=0}^{24} W_{25}^{ni} \{x[n] + x[n+25] + x[n+50]\},$$

$$y[3i+1] = \sum_{n=0}^{24} W_{25}^{ni} W_{75}^n \{x[n] + x[n+25]W_{75}^{25} + x[n+50]W_{75}^{50}\},$$

$$y[3i+2] = \sum_{n=0}^{24} W_{25}^{ni} W_{75}^{2n} \{x[n] + x[n+25]W_{75}^{50} + x[n+50]W_{75}^{25}\},$$

其中 $i = 0 \dots 24$ 。

該等輸出值未被重新排序。

第 4 圖示出根據一第一具體實施例之 DFT-75 模組 50-1 至 50-3 之實務的示意方塊圖。

輸入資料 ($X[i]$) 現在被提供至 $3x$ 或 3 倍保持單元 22，所儲存之取樣被提供至第一乘法器，與一被指派之旋轉因數 W_{75}^x 相乘，該旋轉因數在第一旋轉因數產生單元 14 處產生。該第一乘法器之三個連續輸出在一第一積分器單元 30 處相加，然後被提供到一第二乘法器，在該處，所獲得之和被提供至一基本 DFT-25 模組 40（例如，在第 2 圖中所示），以獲得輸出資料 ($Y[i]$)。

第 5 圖示出行生 DFT-1200、600、300、150 及 50 模組之基本資料流圖，該等模組基於一種將數基 n DFT 分為數基 $n/2$ DFT 塊 60-1 及 60-2 之方法。藉由遞迴應用此結

構，可以產生各種 DFT 向量大小，例如基於 DFT-75 和 DFT-25 模組獲得 DFT-1200、600、300、150 及 50 模組，或者基於 DFT-12 及 DFT-72 模組獲得 DFT-1152、576、288、144、48 及 24 模組。

因此，DFT-1200、600、300、150 及 50 模組之實務可基於基本 DFT-25 模組有衍生 DFT-75 模組，DFT-1152、576、288、144、48 及 24 模組之實務可基於基本 DFT-12 及 DFT-72 模組獲得。

第 6 圖示出根據一具體實施例之長度為 n 之遞迴級之實務的示意方塊圖。如果該 DFT 長度短於該級長度 n ，即藉由一選擇性蝶形或旁通單元 72 及一後續刪除或旁通單元 74 繞過該級，在該選擇性蝶形或旁通單元 72 中，兩輸入線被選擇性地直接連接到輸出線或者交叉（蝶形連接），使上輸入線被連接至下輸出線，下輸入線被連接至上輸出線，在該後續刪除或旁通單元 74 中，該等取樣被選擇性地刪除或旁通。如果該 DFT 長度等於或大於該級長度 n ，則前 $n/2$ 個輸入取樣被儲存於一 FIFO（先進先出）記憶體 70（例如，一移位暫存器）。結合接下來的 $n/2$ 個輸入取樣，可以對該等 n 個取樣執行該蝶形或旁通單元 72 之蝶形操作。在一後續乘法器中與在一旋轉因數產生單元 76 產生之旋轉因數 W_n^x 相乘之後，該等取樣被輸出到長度為 $n/2$ 之下一級。

因此，可以獲得向量長度不為 2^x 之模組化靈活 DFT 實務。

但是，除最後一操作級（基本 DFT 模組）之外，上述基於 Cooley-Tukey 演算法之 DFT 實務通常具有一蝶形結構。一長度為 n 之 DFT 實例示於第 5 圖中。在此種實務中，該處理能力之主要部分被用於乘法。因此，所需乘法數目之減少將實質上改進性能、降低硬體成本。

第 7 圖示出根據另一具體實施例之一衍生 DFT-75 模組之實務的示意方塊圖。

根據此另一具體實施例，在一 DFT 實務之最後兩級中，乘法與旋轉因數合併。在 DFT-75 之情景中，乘法數目可減少 7%。所建議之解決方案可用於所有基於 Cooley-Tukey 演算法之 DFT 實務。

在第 7 圖之上部分中，上述根據第二具體實施例之 DFT-75 模組被顯示為第 2 圖及第 4 圖中之方塊圖之組合。可以推斷，在與該旋轉因數產生單元 16 及 10 進行之第二、第三相乘之間，未執行其他算術運算。與該等旋轉因數之兩次乘法可以結合於一次加法及一次乘法：

$$a \cdot W_{x_1}^{y_1} \cdot W_{x_2}^{y_2} = a \cdot e^{jy_1 2\pi / x_1} \cdot e^{jy_2 2\pi / x_2} = a \cdot e^{j(y_1 / x_1 + y_2 / x_2) 2\pi}$$

作為一實例，第二圖之下部分顯示根據本具體實施例之 DFT-75 實務之一最佳化方塊圖，其中減少了乘法次數。此實務可以被推廣至長度為 L 之任意其他 DFT 實務，其中 L 可以被進一步因式分解：

$$L = a \cdot b \cdot c,$$

其中 a 、 b 及 c 為正整數。在 DFT-75 模組之情況中，因數 a 為 3，而 b 及 c 為 5。

第 8 圖示出一根據本具體實施例之推廣 DFT 實務之示意方塊圖，其長度為 L ，與第 7 圖類似，其中該等旋轉因數 W_L^x 及 W_b^x 相加，以節省一次乘法運算。

在以下具體實施例中，基於 Cooley-Tukey 演算法實施一 DFT，用於各種為硬體實施最佳化之向量長度，例如 DFT-1152、DFT-576、DFT-288、DFT-144、DFT-72、DFT-48、DFT-24 及 DFT-12 模組或級。

同樣，儘管作為按時間抽取進行實施亦係可能，但所有模式被實施為按頻率抽取 (DIF)。這裏，所有模式之基本模組為 DFT-12 模組。在說明基於該 DFT-12 之其他模式的實務之前，現在首先描述此模組。

前面已經提及，該 DFT-12 實務係基於 Cooley-Tukey 演算法。

第 9 圖示出根據一具體實施例之衍生 DFT-12 模組之示意資料流圖。

12 個輸入值 $X[0]$ 至 $X[11]$ 為自然順序 (DIF)，被分為 2 組，每組 6 個值，每一值被提供至基本 DFT-6 模組 62-1 及 62-2。該等旋轉因數給出如下：

$$W_x^y = e^{j^*y*2\pi/x}$$

第 10 圖示出用於第 9 圖之基本 DFT-6 模組 62-1 及 62-2 之每一模組之示意資料流圖。

括弧中之第一旋轉因數對應於“+”號之前的第一次轉換，第二旋轉因數對應於第二次轉換，以此類推。DFT-12 之結果未被立即重新排序。在計算 DFT 之全部值之後將進

行重新排序。

第 11 圖示出根據此具體實施例之衍生 DFT-12 模組之實務的示意方塊圖。基本上，此實務對應於結合第 6 圖所描述之遞迴級及類似於第 2 圖之 DFT-25 模組之基本 DFT-6 模組之組合，其中一 3x 保持級 20（而不是 5x 保持級）及旋轉因數 W^3_x 及 W^6_x （而不是旋轉因數 W^5_x 及 W^{25}_x ）現在各別於級 10 及 12 中產生。使用一 6 取樣之 FIFO 長度及旋轉因數 W^{12}_x 實施第 6 圖之遞迴級。

在下文中，描述基於 Cooley-Tukey 演算法之 DFT-72 模組之實務。該相應演算法可以描述如下：

$$y[k] = \sum_{n=0}^{23} W_{72}^{nk} \{x[n] + x[n+24]W_{72}^{24k} + x[n+48]W_{72}^{48k}\},$$

其中 $k = 0 \dots 71$ ，可進一步被轉換為：

$$y[3i] = \sum_{n=0}^{23} W_{24}^{ni} \{x[n] + x[n+24] + x[n+48]\},$$

$$y[3i+1] = \sum_{n=0}^{23} W_{24}^{ni} W_{72}^n \{x[n] + x[n+24]W_{72}^{24} + x[n+48]W_{72}^{48}\}$$

，其中 $i = 0 \dots 23$ 。

$$y[3i+2] = \sum_{n=0}^{23} W_{24}^{ni} W_{72}^{2n} \{x[n] + x[n+24]W_{72}^{48} + x[n+48]W_{72}^{24}\}.$$

第 12 圖示出根據一具體實施例之此衍生 DFT-72 模組之示意資料流圖。此資料流圖基本上對應於第 3 圖所示之 DFT-75 圖，其中 DFT-25 模組現在由 DFT-24 模組取代。

第 13 圖示出根據一具體實施例之衍生 DFT-72 模組之

實務的示意方塊圖。該等輸出值未被重新排序。該實務基本上對應於第 4 圖之 DFT-75 模組之實務，其區別在於現在使用 DFT-24 模組 40，且旋轉因數 W_3^x 及 W_{72}^x （而不是旋轉因數 W_{75}^x ）現在各別於級 14 及 16 中產生。

DFT-1152、DFT-576、DFT-288、DFT-144、DFT-48 及 DFT-24 之實務現在可基於上述 DFT-12 及 DFT-72 模組。上文已經提及，第 5 圖示出一基本資料流圖，DFT-1152、576、288、144、48 及 24 模組即以該資料流圖為基礎。藉由遞迴利用此結構，可基於 DFT-72 及 DFT-12 產生 DFT-1152、576、288、144、48 及 24。長度為 n 之遞迴級示於第 6 圖中。如果該 DFT 長度短於級長度 n ，則該級被簡單地旁通。如果該 DFT 長度等於或大於級長度 n ，則前 $n/2$ 個輸入取樣被儲存於該 FIFO 中。結果接下來的 $n/2$ 個輸入取樣，對此等 n 個取樣執行該蝶形運算。在與該等旋轉因數相乘之後，該等取樣被提供至長度為 $n/2$ 之下一級。

根據上文所述之具體實施例，有可能用中等硬體複雜度實施非數基 2^x 傅利葉轉換，可以防止在開始提到之美國專利第 5,233,551 號描述之複雜實務。

再者，關於上述具體實施例，習知此項技術者應注意到且明瞭在第 2、4、6、7、8、11 及 13 中示出之各方塊的功能可以採用離散硬體電路實施，也可以作為可從網路或儲存在電腦可讀取媒體中下降之軟體程式來實施，在運行該等軟體程式時，控制一處理器或電腦裝置來產生期望功能。

總而言之，已經描述了一種用於實施預定向量大小之 DFT 之方法及裝置，其中藉由使用至少一類 DFT 模組來提供至少一改進 DFT 模組，該模組包含在各別不同乘法級乘以第一及第二類別之旋轉因數相乘，該等不同乘法級由一中間積分級分離，藉由將至少一類 DFT 模組與一遞迴級結合來產生一經過改進之 DFT 模組，其被組態用於乘以一第三類型之旋轉因數，且在該遞迴級中選擇性地在一旁通功能及一蝶形功能之間進行轉換。因此，能夠以中等硬體複雜度實施非 2^x 數基傅利葉轉換。

該等較佳具體實施例可用於任意 DFT 處理環境中，例如，一無線存取網路，例如 UTRAN 或 EUTRAN，或者使用任意其他訊號處理環境中。該等 DFT 模組不限於上述 DFT-12、DFT-24、DFT-25 及/或 DFT-75 模組中。此外，可以實施任意適當之模組大小。因此，該等較佳具體實施例可在隨附申請專利範圍內變化。

【圖式簡單說明】

上文參照隨附圖式基於具體實施例對本發明進行了更詳盡之描述，該等圖式中：

第 1 圖示出一基本 DFT-25 模組之示意資料流圖；

第 2 圖示出一基本 DFT-25 模組之實務的示意方塊圖；

第 3 圖示出一衍生 DFT-75 模組之示意資料流圖；

第 4 圖示出根據一具體實施例之衍生 DFT-75 模組之實務的示意方塊圖；

第 5 圖示出衍生 DFT-1200、600、300、150 及 50 模

組之一基本資料流圖；

第 6 圖示出根據一具體實施例之長度為 n 之遞迴級之實務的示意方塊圖；

第 7 圖示出根據一具體實施例之一衍生 DFT-75 模組之實務的示意方塊圖；

第 8 圖示出根據一具體實施例之一般化 DFT 實務之示意方塊圖；

第 9 圖示出根據一具體實施例之一衍生 DFT-12 模組之示意資料流圖；

第 10 圖示出一基本 DFT-6 模組之示意資料流圖；

第 11 圖示出根據一具體實施例之衍生 DFT-12 模組之實務的示意方塊圖；

第 12 圖示出根據一具體實施例之一衍生 DFT-72 模組之示意資料流圖；以及

第 13 圖示出根據一具體實施例之衍生 DFT-72 模組之實務的示意方塊圖。

【主要元件符號說明】

- 10 第一旋轉因數產生單元
- 12 第二旋轉因數產生單元
- 14 第一旋轉因數產生單元
- 16 旋轉因數產生單元
- 20 $5x$ 或 5 倍保持單元
- 22 $3x$ 或 3 倍保持單元
- 30 第一積分器單元

- 32 第二積分器單元
- 40 基本 DFT-25 模組
- 50-1 基本 DFT-25 模組
- 50-2 基本 DFT-25 模組
- 50-3 基本 DFT-25 模組
- 60-1 數基 $n/2$ DFT 塊
- 60-2 數基 $n/2$ DFT 塊
- 70 FIFO (先進先出) 記憶體
- 72 選擇性蝶形或旁通單元
- 74 後續刪除或旁通單元
- 76 旋轉因數產生單元

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種用於實施預定向量大小之離散傅利葉轉換 (DFT) 之方法及設備，其中藉由使用至少一類 DFT 模組來提供至少一改進 DFT 模組，該至少一類 DFT 模組包含在各別不同乘法級乘以第一及第二類別之旋轉因數的相乘，該等不同乘法級由一中間積分級分離，藉由將至少一類 DFT 模組與一遞迴級結合來產生一經過改進之 DFT 模組，其被組態用於乘以一第三類型之旋轉因數，且在該遞迴級中選擇性地在一旁通功能及一蝶形功能之間進行轉換。因此，能夠以中等硬體複雜度達到非 2^x 數基傅利葉轉換的一實施。

六、英文發明摘要：

The present invention relates to a method and apparatus for implementing a discrete Fourier transformation (DFT) of a predetermined vector size, wherein at least one enhanced DFT module is provided by using at least one type of DFT module including multiplication by first and second types of twiddle factors in respective different multiplication stages separated by an intermediate integration stage, and generating the enhanced DFT module by combining the at least one type of DFT module with a recursive stage configured to multiply by a third type of twiddle factor and to selectively switch between a bypass function and a butterfly function in said recursive stage. Thereby, an implementation of non 2^x -radix Fourier transformation can be achieved with moderate hardware complexity.

十、申請專利範圍：

1. 一種方法，其包含：

a. 藉由使用至少一改進DFT模組實施一離散傅利葉轉換DFT；

b. 在各別由一中間積分級所分離之不同乘法級之中，使用至少一類DFT模組，其包含第一、第二類型之旋轉因數之相乘；

c. 藉由將該至少一類DFT模組與一遞迴級（被組態用於乘以一第三類旋轉因數）結合來產生該改進DFT模組；以及

d. 在該遞迴級中，選擇性地在一旁通功能及一蝶形功能之間進行切換。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，另外包含結合該至少一類DFT模組之兩不同類型，以獲得另一改進DFT模組。

3. 如申請專利範圍第2項所述之方法，使用該改進DFT模組及該另一改進DFT模組之至少之一者，以獲得具有期望向量大小之DFT。

4. 如申請專利範圍第3項所述之方法，其中該改進DFT模組具有12取樣之一向量大小，該其他改進DFT模組具有24取樣之一向量大小。

5. 如申請專利範圍第3或4項所述之方法，其中該期望向量大小係不等於 2^x 之值， x 係一整數。

6. 如申請專利範圍第5項所述之方法，其中該期望向量大小選自以下值：1152、576、288、144、48及24。

7. 如申請專利範圍第1或3項所述之方法，另外包含：如果該DFT之一期望向量大小小於該改進DFT模組之向量大小，則選擇該遞迴級之該旁通功能。

8. 如申請專利範圍第1項所述之方法，另外包含：藉由添加不同處理級之旋轉因數來取代一乘法級。

9. 一種電腦程式產品，其包含編碼構件，該編碼構件用於在其運行於一電腦裝置上時，產生如申請專利範圍第1項所述之方法的步驟。

10. 一種裝置，包含：

a. 一種用於執行一離散傅利葉轉換DFT之處理單元，該處理單元具有至少一改進DFT模組；

b. 其中該改進DFT模組包含：

i. 至少一類DFT模組，其具有乘法級以用於乘以各別第一、第二類型之旋轉因數，該乘法級由中間積分級分隔；以及

ii. 一遞迴級，其經組態用於乘以一第三類型之旋轉因數，該遞迴級被組態用於選擇性地提供一旁通功能或一蝶形功能。

11. 如申請專利範圍第10項所述之裝置，其中該處理單元包含另一改進DFT模組，其被組態為該至少一類DFT模組之兩不同類型之一結合。

12. 如申請專利範圍第11項所述之方法，使用該處理單元包含該改進DFT模組及該另一改進DFT模組中至少之一，以獲得具有期望向量大小之DFT。

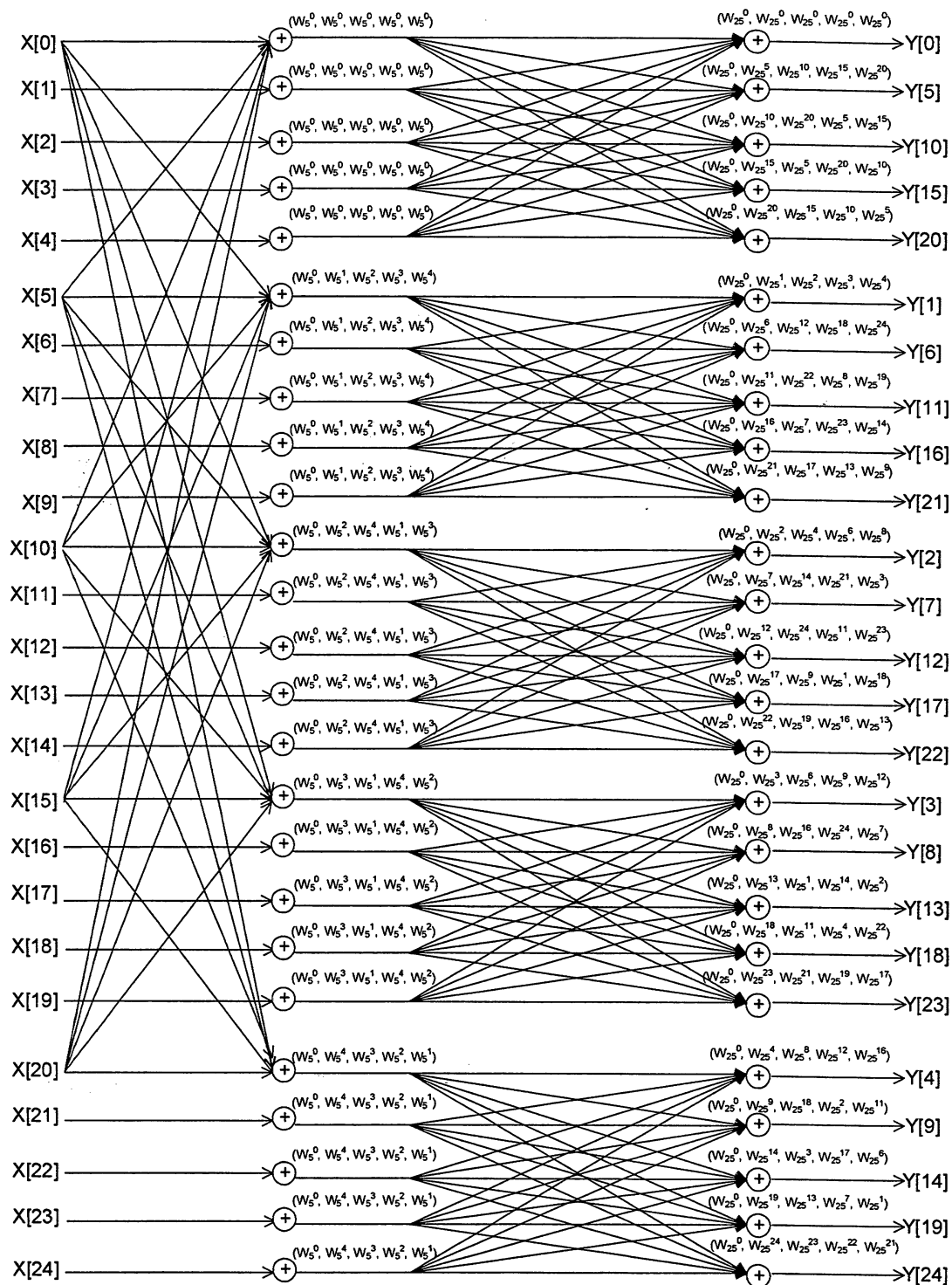
13. 如申請專利範圍第12項所述之裝置，其中該改進DFT模組具有12取樣之向量大小，該其他改進DFT模組具有24取樣之向量大小。

14. 如申請專利範圍第12或13項所述之裝置，其中該期望向量大小係不等於 2^x 之值， x 係一整數。

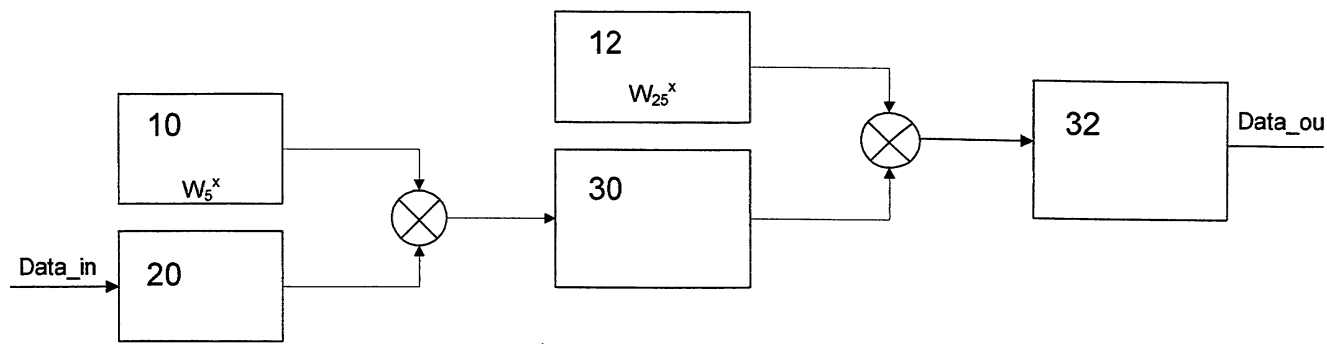
15. 如申請專利範圍第14項所述之裝置，其中該期望向量大小選自以下值：1152、576、288、144、48及24。

16. 如申請專利範圍第10或12項所述之裝置，其中該遞迴級被控制用於：如果該DFT之一期望向量大小小於該改進

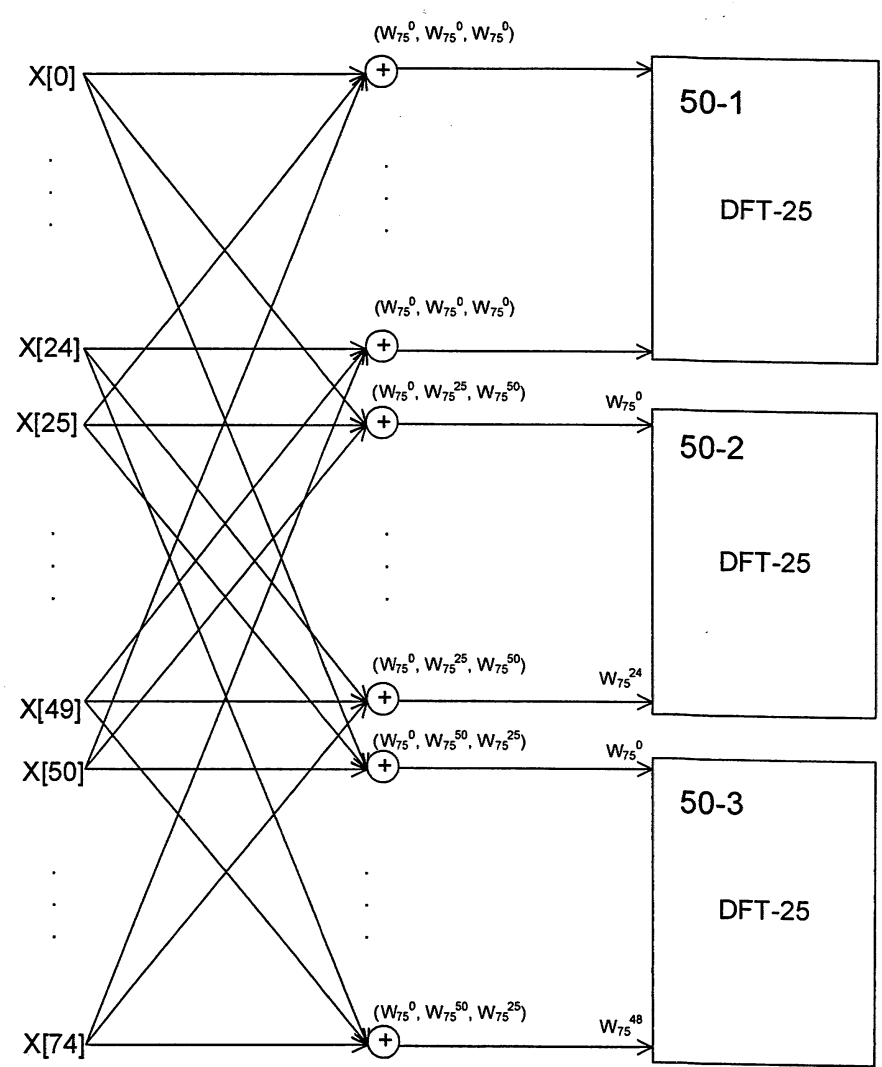
DFT模組之該向量大小，則選擇該遞迴級之該旁通功能。



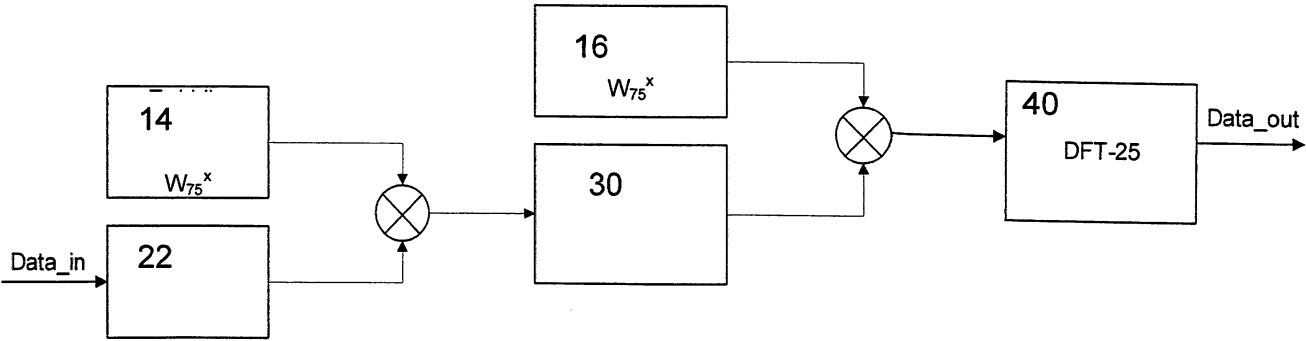
第 1 圖



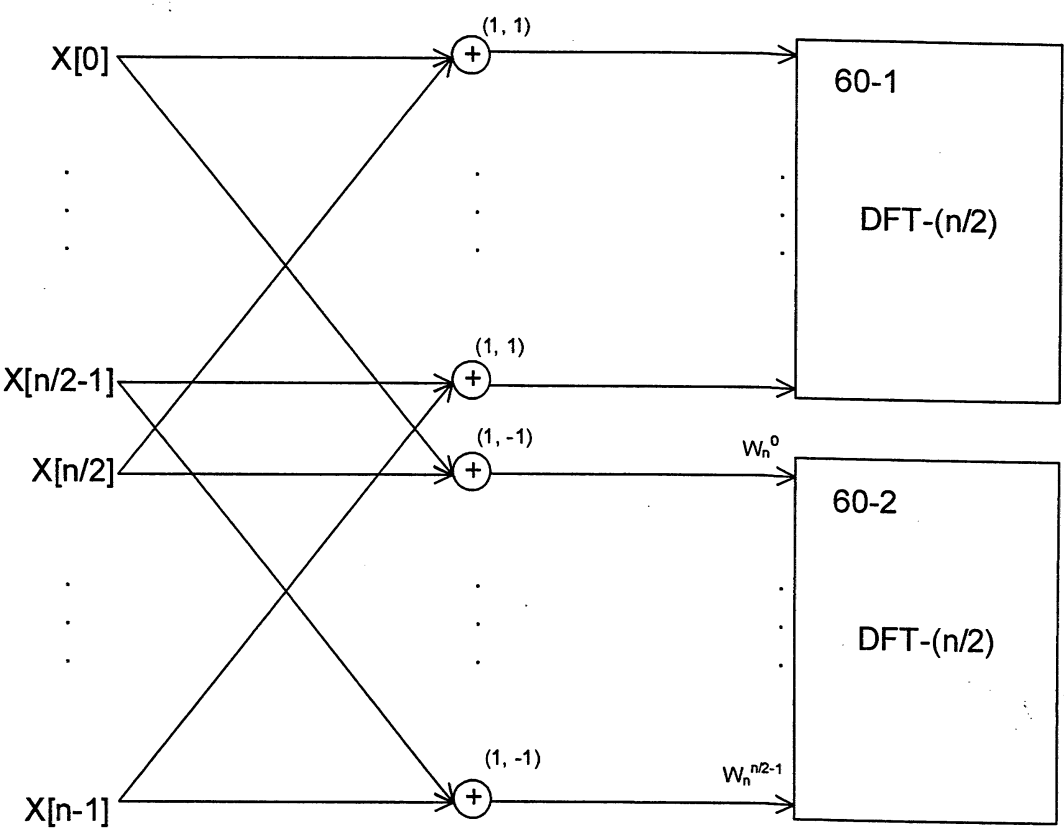
第 2 圖



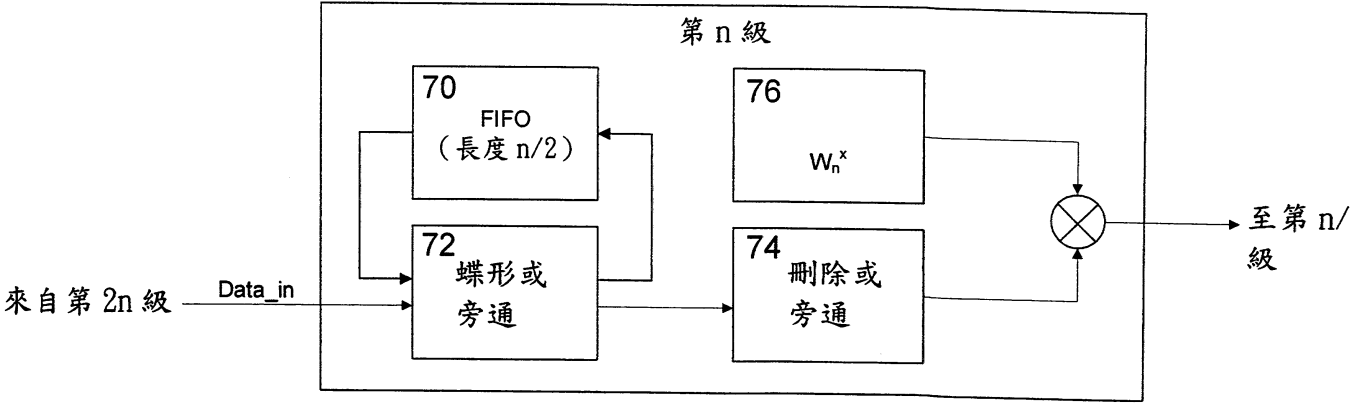
第 3 圖



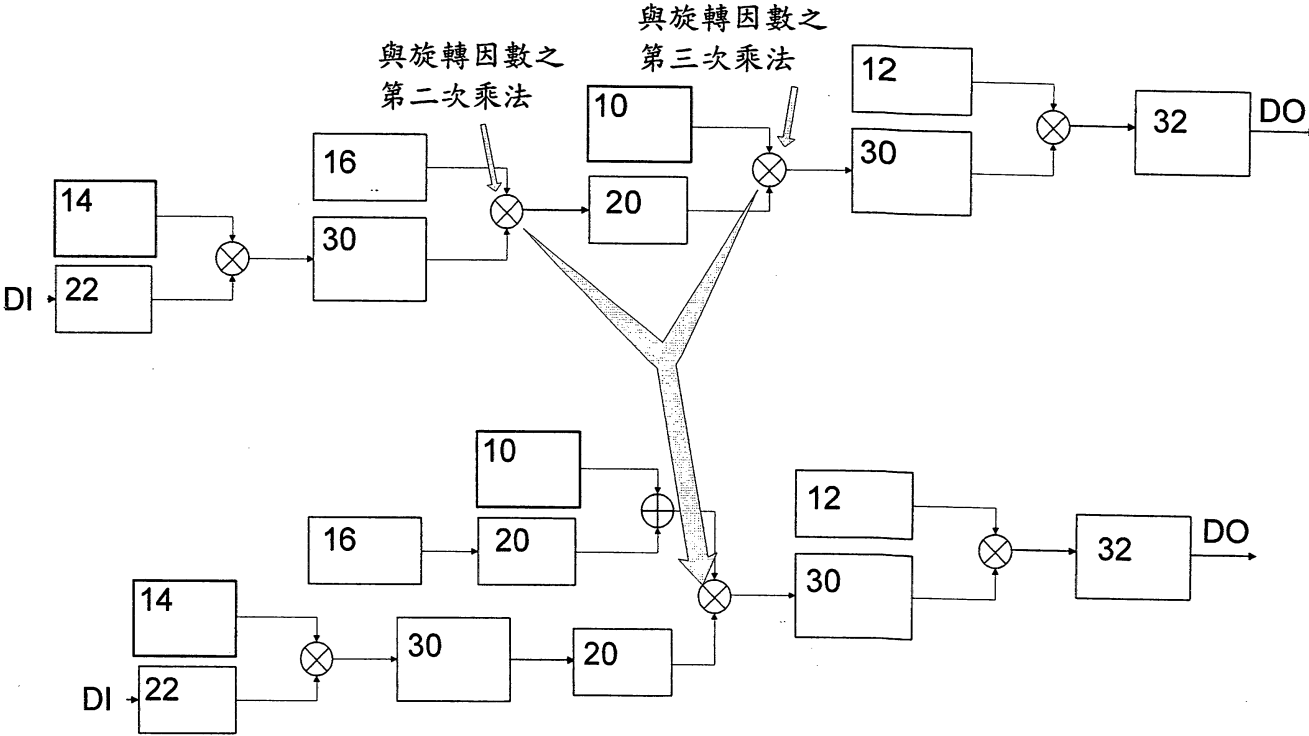
第 4 圖



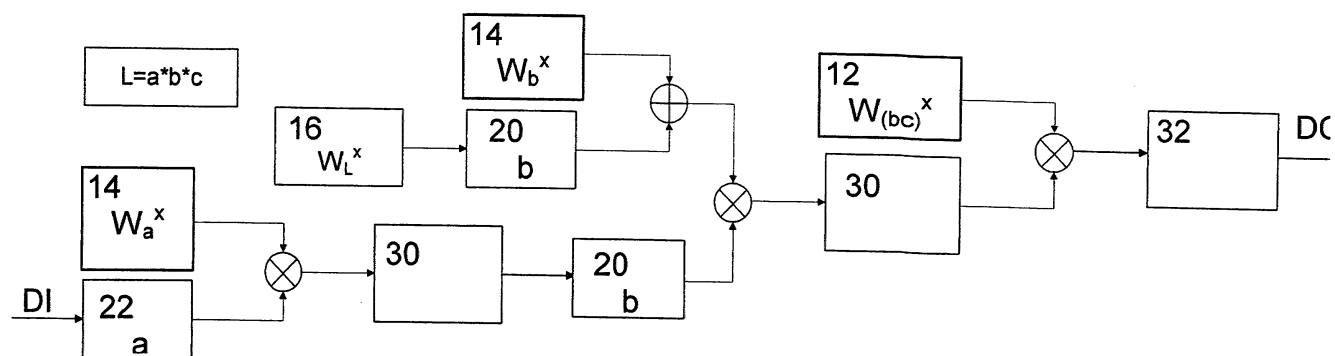
第 5 圖



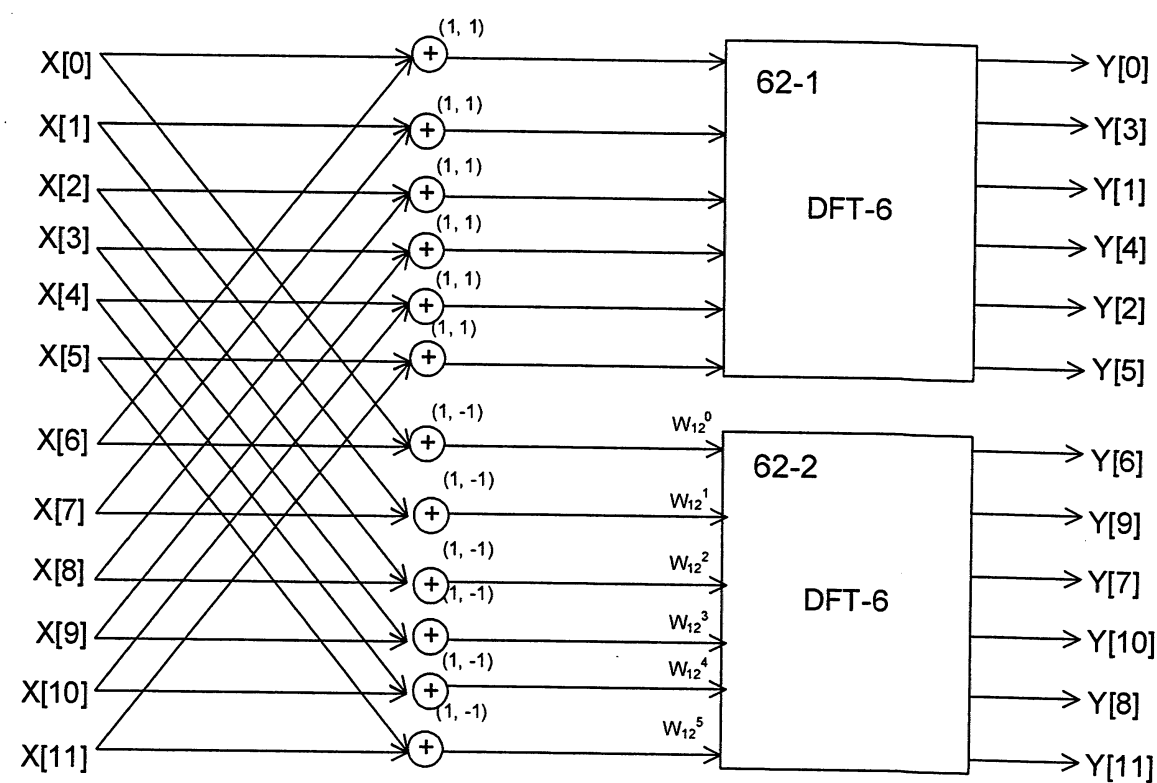
第 6 圖



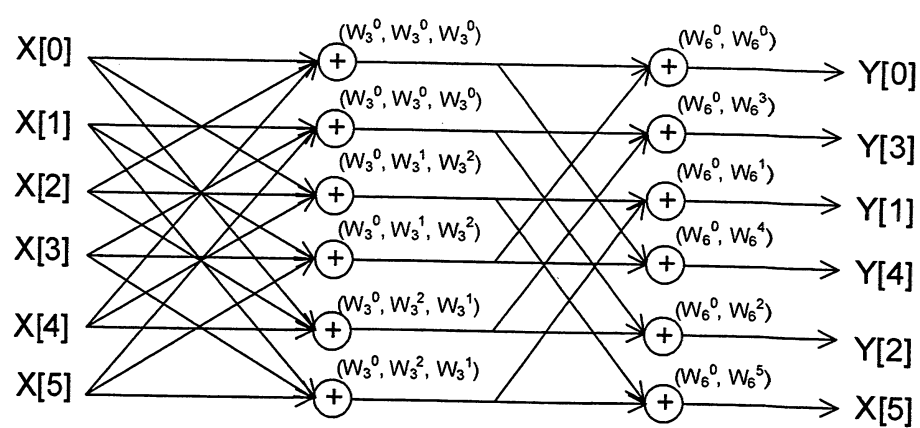
第 7 圖



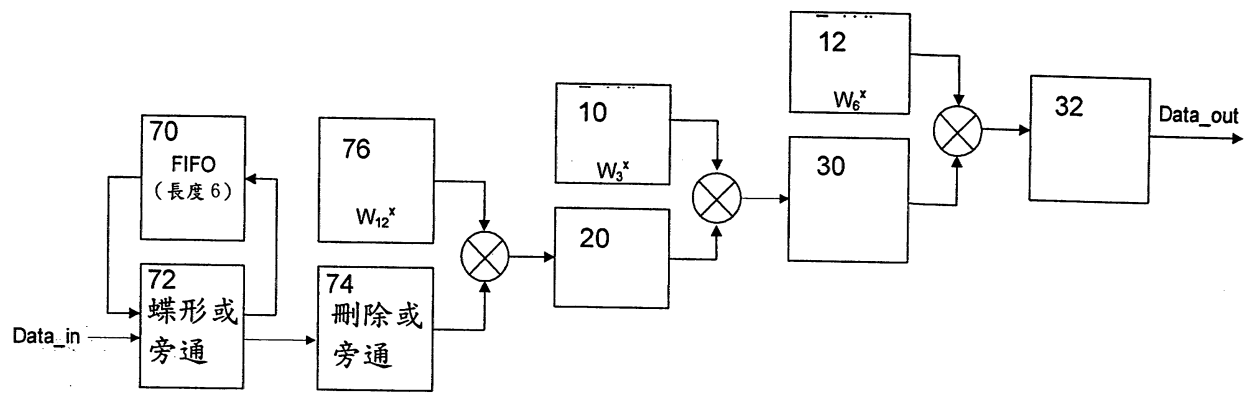
第 8 圖



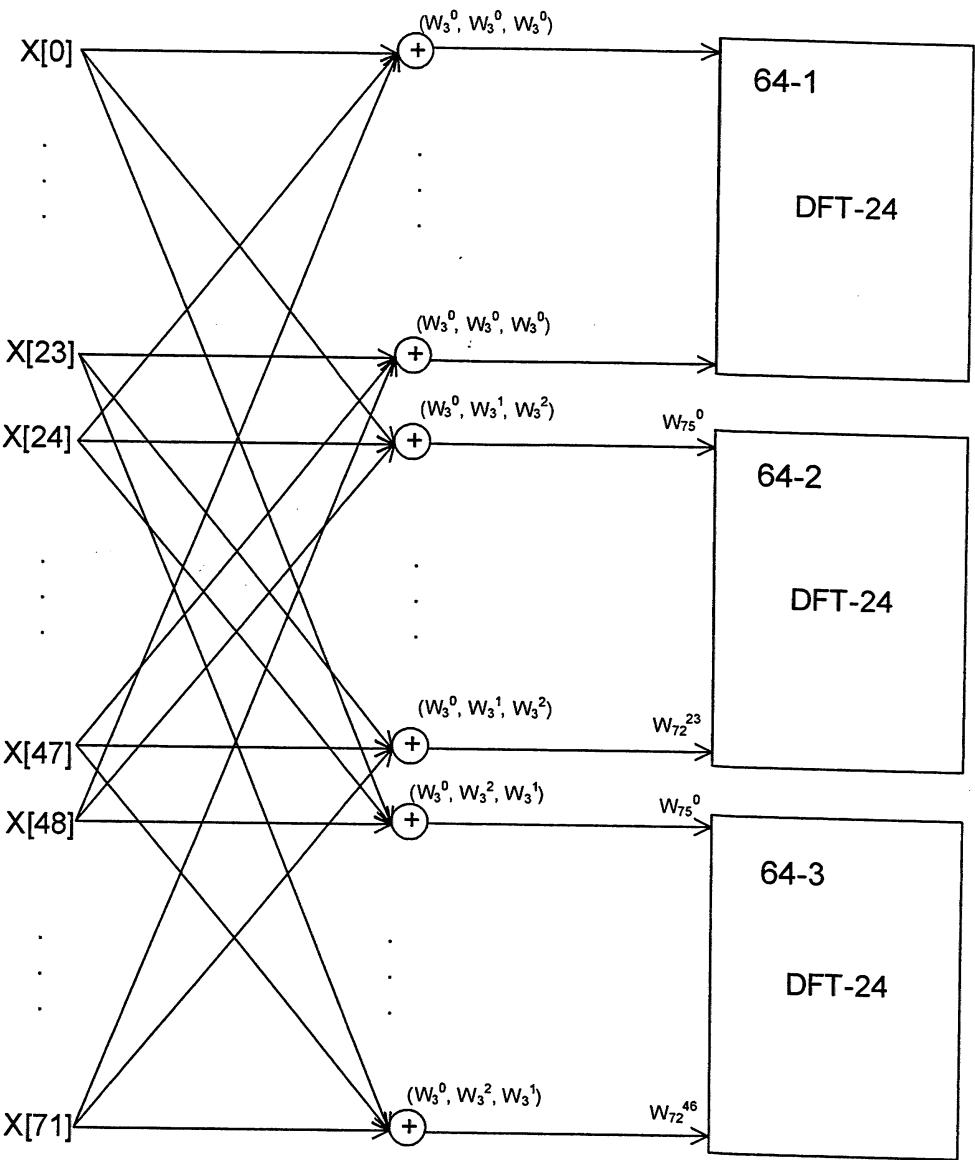
第 9 圖



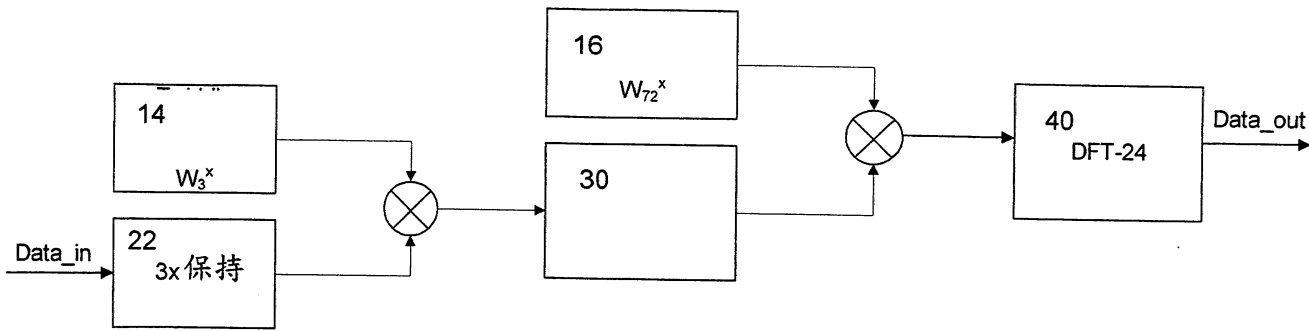
第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖



第 13 圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(11)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 10 第一旋轉因數產生單元
- 12 第二旋轉因數產生單元
- 20 5x 或 5 倍保持單元
- 30 第一積分器單元
- 32 第二積分器單元
- 72 選擇性蝶形或旁通單元
- 74 後續刪除或旁通單元
- 76 旋轉因數產生單元

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無