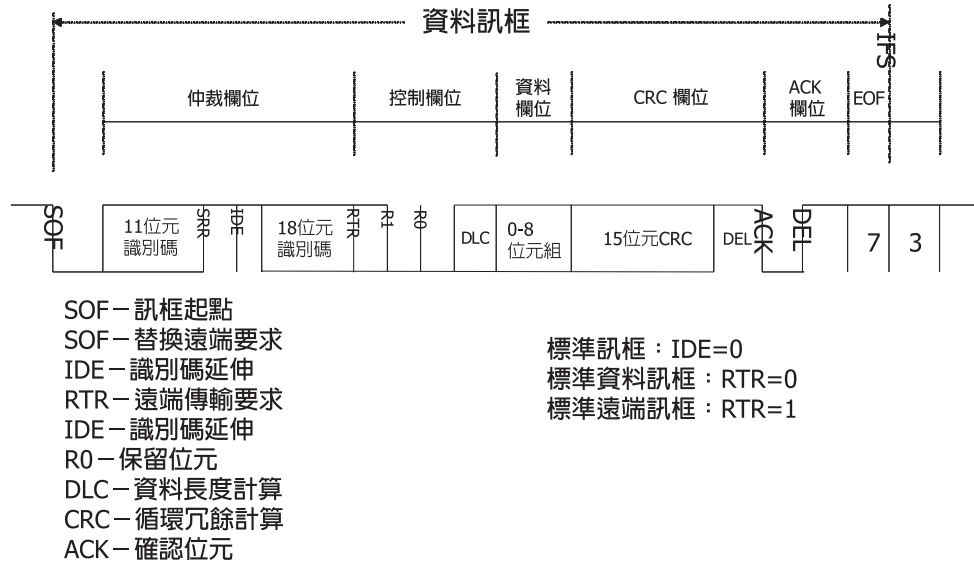


簡化 CAN 與 LIN 車內網路測試



車內網路 (in-vehicle network) 整合了許多與環境互動的模組，可處理高速與低速資訊，因此測試此種網路已成一挑戰。主要是因為部分網路 (如節點) 必須處理高速資料以滿足安全及引擎噴射需求，其他部分網路則為連接燈光及開關的低速連結。

汽車產業使用的網路技術主要為下列兩種：控制器區域網路 (CAN) 及區域互聯網路 (LIN)。這些技術共存於異質網路中，使除錯與測試更加具有挑戰性同時更為費時。



► 圖 1 振盪器誤差

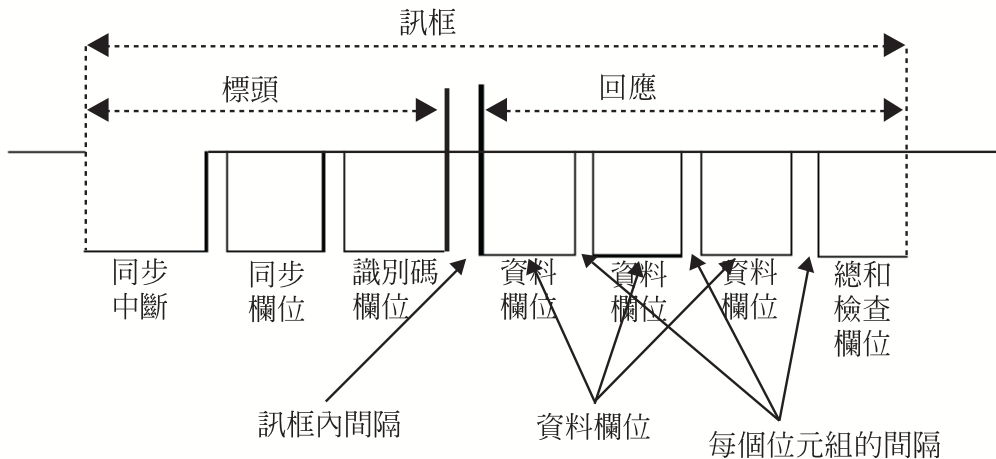
此應用摘要說明 CAN 及 LIN 通訊協定的基礎觀念，並介紹 DPO7000 系列以及整合的 CAN 特定觸發功能、TDSVNM CAN 及 LIN 時序與通訊協定解碼軟體之 LSA 選項，說明他們如何處理車內網路未達客戶要求的除錯及測試問題。軟體的部分主要功能為：

- 量測振盪器誤差及傳輸延遲以節省時間
- 量測匯流排使用量及資料傳輸率以能有效利用網路
- 分析 CAN 眼狀圖以協助找出 CAN 訊息中的雜訊問題
- 擷取以 CAN 訊框內容為基礎所產生的 CAN 及 LIN 訊息，並以通訊協定解碼格式加以檢視
- 同時擷取 CAN 及 LIN 資料，並解碼為通訊協定格式加以檢視，這有助於找出闖道延遲時間
- 同時支援實體層除錯及通訊協定解碼的進階觸發功能

CAN 入門基礎

CAN 為連結控制模組的一個串列、非同步、多主控的通訊協定，可支援 1 Kbps 到 1 Mbps 範圍的位元率；小於 125 Kbps 位元率一般稱為低速 CAN，而 125 Kbps 到 1 Mbps 的位元率則稱為高速 CAN。CAN 節點本身擁有所謂的時脈產生器，可進行輸入資料的取樣。時序參數同步區段、傳輸區段、位元時間的相位區段 1 及相位區段 2 能分別配置為每個 CAN 節點，即使 CAN 節點振盪器時脈速率不同，亦能建立共同位元率。

CAN 使用單線、雙線、或訊號容錯技術，在單線 CAN 中，資料傳輸率為 33.3 Kbps 及 83.33 Kbps，且訊號屬單端式；雙線 CAN 中則使用高速 CAN 資料傳輸率，且訊號屬差動式。容錯 CAN 則用於低速 CAN 資料傳輸率，若任何線路與電池或接地線呈短路狀態，容錯 CAN 仍可運作。



► 圖 2

網路中每個 CAN 節點以封包形式傳送資訊，每個封包將包含 overhead 與 payload。封包依通訊類型可稱為資料訊框、遠端訊框、超載訊框或錯誤訊框。

在車內網路中，CAN 節點會先要求資料，接著送出遠端訊框，若節點正忙於處理資料及執行優先權較高作業，則節點會將超載訊框置於匯流排，以指出其目前正處於忙碌狀態。若 CAN 節點發現檢核中有錯誤或資料已受損，將送出錯誤訊框，並在資料訊框記錄 CAN 的訊息資料。

CAN 有兩種通訊協定格式：CAN2.0A 及 CAN2.0B，這兩種版本的差異在於位元位址數量。CAN2.0A 支援 11 位元位址且相容於 CAN2.0B，而 CAN2.0B 支援 29 位元位址，亦稱為延伸位址；CAN2.0B 可搭配 CAN2.0A 使用。

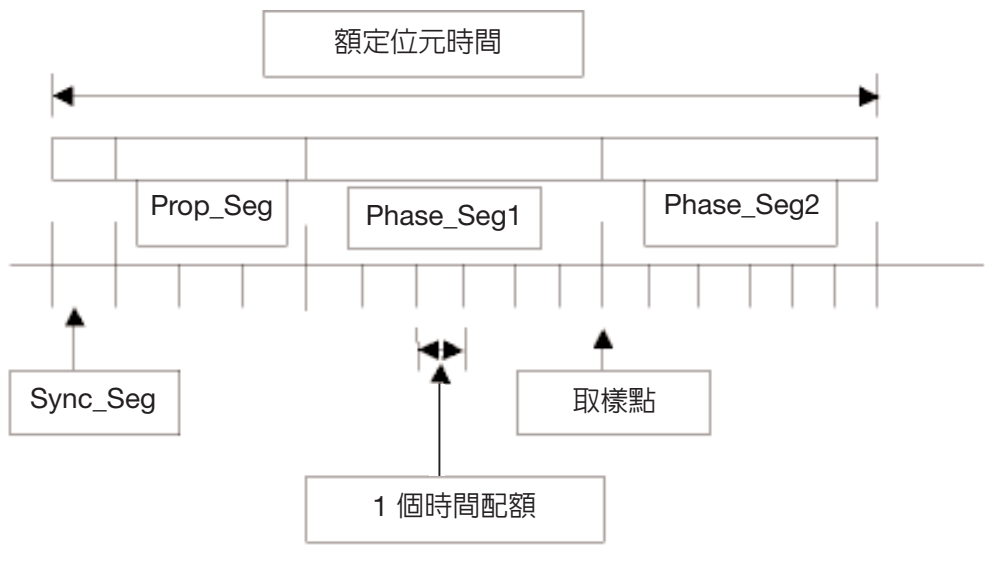
典型 CAN2.0B 資料訊框內容如圖 1 所示。

LIN 入門基礎

LIN 以常見 UART 介面為基礎的單線串列通訊協定，使用單主控、多從屬的網路架構；用於汽車感測器及如門控、燈光及窗戶操作的致動器之應用。LIN 主節點以較高位準網路如控制器區域網路 (CAN) 連接 LIN 網路。

LIN 支援電磁干擾及時脈同步所需最大 20 Kbps 資料傳輸率。

接收並過濾識別碼後會啟動從屬應用程式 (slave task) 並開始傳送訊息，該訊息包含兩個、四個或八個資料位元組及一個總和檢查位元組。標頭及訊息部分形成一個訊息格式，LIN 訊息格式如圖 2 所示。



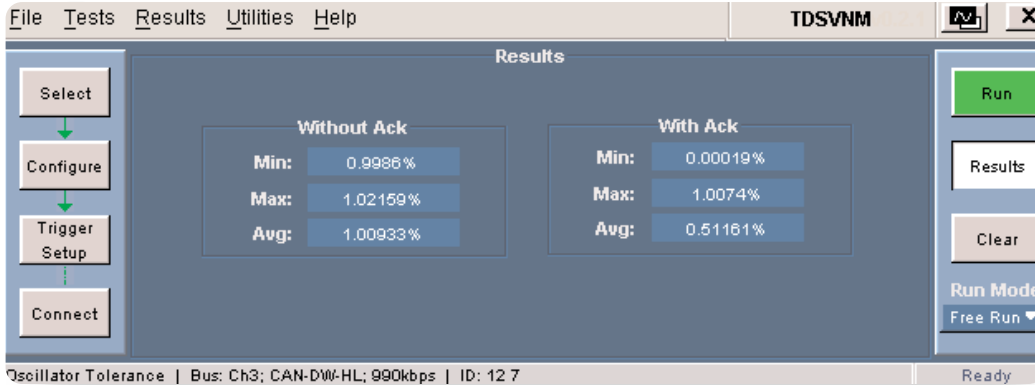
► 圖 3

量測振盪器誤差及傳輸延遲有助於解決位元時序問題

CAN 通訊協定、位元率、位元取樣點的功能及位元週期內取樣數皆可由使用者規劃，使用者於過程中須注意位元時序參數、參考振盪器誤差、及系統中不同訊號傳輸延遲間的關聯。

根據 CAN 規格，位元時間分為四個區段，同步區段 (sync segment)、傳輸時間區段 (propagation time segment)、相位緩衝區段 1 (phase buffer segment 1)、及相位緩衝區段 2 (phase buffer segment 2)。每個區段由特定、可編程時間配額數組成，時間配額 (tq) 長度為位元時間的基本時間單位，由程式設計人員使用位元率預除量 (pre scalar) 所定義。圖 3 顯示如何在位元時間內選擇時間配額，然後指定四個區段的時間配額。

同步區段 (sync_seg) 為 CAN 匯流排位準轉態即將發生的位元時間之一部分，發生於 sync_seg 之外的轉態其時間差稱相位錯誤。傳輸時間區段 (prop_seg) 用於補償 CAN 網路內實體延遲時間。相位緩衝區段 phase_seg1 與 phase_seg2 位於取樣點前後。重新同步跨接寬度 (SJW) 定義了重新同步可將取樣點移到相位緩衝區所定義的限制範圍內的距離有多少，以補償訊號轉態時間的誤差。



► 圖 4 振盪器誤差

若要 CAN 網路功能適當運作，雖然能以不同位元時間配置達到位元率，仍須考量實體延遲時間及振盪器誤差範圍。CAN 網路中每個節點皆從本身振盪器取得其位元時序，此位元時間隨振盪誤差而改變。在實際系統中，振盪器參考頻率 f_{clk} 將因起始誤差、老化、及週遭溫度變化而偏離額定值；上述偏離總和形成總振盪器誤差。程式設計人員在設計時序暫存器程式時需考慮此項變化因素。

在 DPO7000 系列上執行的 CAN 與 LIN 時序及通訊協定解碼軟體（通稱為 TDSVM）能自動進行振盪器誤差量測。使用者可指定 CAN 節點的 ID，TDSVM 量測值會有含 ACK 位元及不含 ACK 位元的振盪器誤差。實際上 CAN 節點應準確取樣 ACK 位元，以使 CAN 控制器能準確解碼。TDSVM 亦將提供不含 ACK 位元的量測結果，同時將指出在傳送節點上接收 CAN 節點的影響。藉由測量到的傳送及接收節點的振盪器誤差，可設定 CAN 控制器時序暫存器而使系統正確無誤的運作。

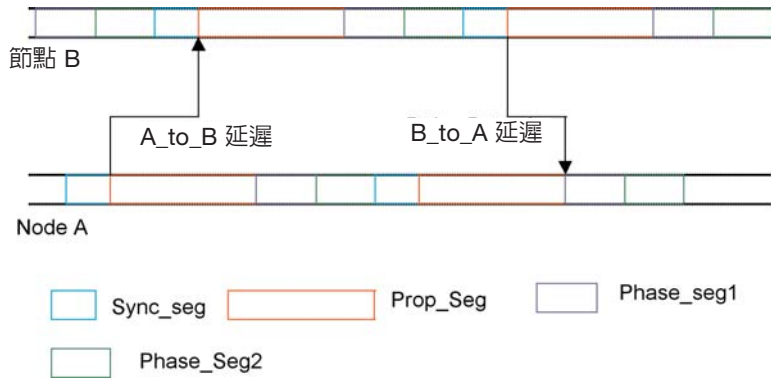
準確設定取樣點需要振盪器誤差及傳輸延遲時間兩項資訊，CAN 系統中大量傳輸延遲源自於 CAN 允許節點間爭取網路存取及訊框內確認 (in-frame acknowledgement) 之非破壞性仲裁權。

如果我們假設有兩個 CAN 節點 A 及 B，節點 A 及節點 B 間傳輸延遲定義為 $t_{prop}(A, B)$ ；任何 CAN 匯流排上的節點都會因傳輸延遲而使其發送端的時序與同化後的匯流排有時間差。

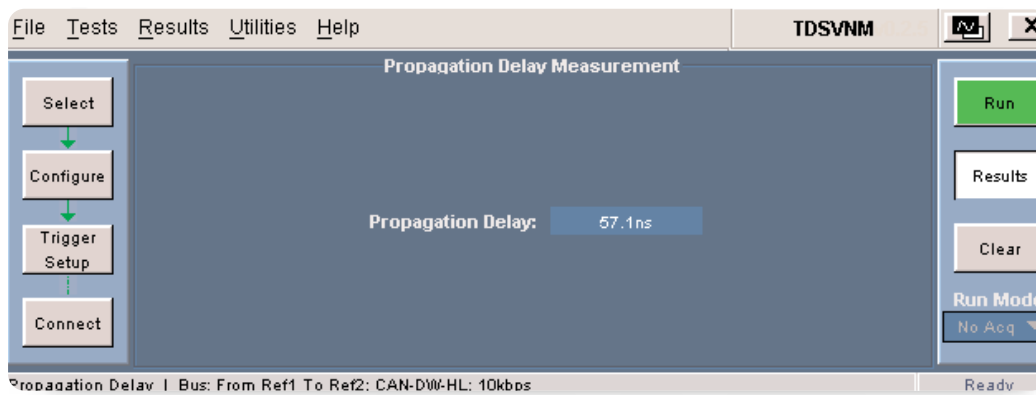
在圖 5 範例中，節點 A 及節點 B 皆為執行 CAN 匯流排仲裁的發送器，節點 A 比節點 B 早一個位元時間送出訊框起始位元，因此節點 B 已從隱性 (recessive) 到顯性 (dominant) 將本身轉態為與節點 A 同步的接收資訊模式。由於節點 B 已依延遲時間 (A_to_B) 延後其時序，節點 B 位元時序區段將與節點 A 同步；節點 B 會送出較高度優先權識別碼，以便在傳送顯性位元 (dominant bit)，及節點 A 傳送隱性位元 (recessive bit) 時贏得特定識別碼位元仲裁權。延遲 (B_to_A) 後節點 B 所傳送顯性位元將到達節點 A。

簡化 CAN 與 LIN 車內網路測試

► 應用摘要



► 圖 5



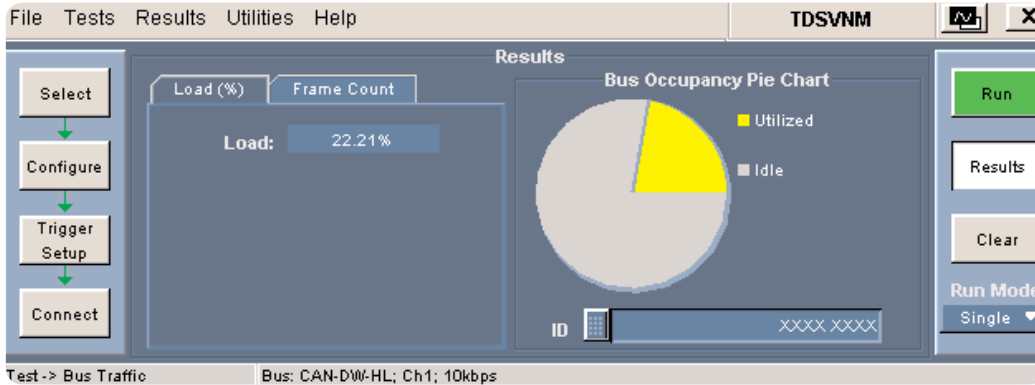
► 圖 6 傳輸延遲

節點 A 取樣點實際位置因振盪器誤差可能位於節點 A 相位較大區段額定範圍中任何一點，因此節點 B 所傳送位元須於 phase_seg1 開始前到達節點 A，此時即確定 prop_seg 的長度。

若節點 B 所傳送的從隱性至顯性邊緣在 phase_seg2 開始後才到達節點 A，則節點 A 可能取樣隱性位元而非顯性位元；這將導致位元錯誤並以錯誤標記顯示目前訊框應被忽略。

此問題讓工程師在設計 CAN 控制器時序暫存器時會考量準確的資料。目前 TDSVNM 軟體提供自動化傳輸延遲量測。

TDSVNM 軟體所提供自動化振盪器誤差及傳輸延遲量測，讓使用者能採用車內網路實際資料設計暫存器。請參閱圖 6。



► 圖 7 匯流排應用結果

匯流排應用及資料速率量測使車內網路能做有效利用

汽車產業建議車內網路應在 30% 匯流排負載下操作以達最佳利用，若於超過 30% 負載下操作將使部分節點產生超載訊框或禁止執行低優先權作業；結果將導致車內網路功能失常。

匯流排閒置時 CAN 節點會傳送訊息，由於是「wired-AND」邏輯，若兩個節點同時開始傳送訊息則較高優先權訊息將較優先。匯流排閒置時，較低優先權節點會再試圖在匯流排上進行存取；較低優先權節點可能因匯流排超載而永遠無法存取傳輸匯流排，其延遲時間將比預定時間長。若要分析匯流排應用與除錯問題，了解匯流排超載時情況相當重要；可能為下列任一情況：

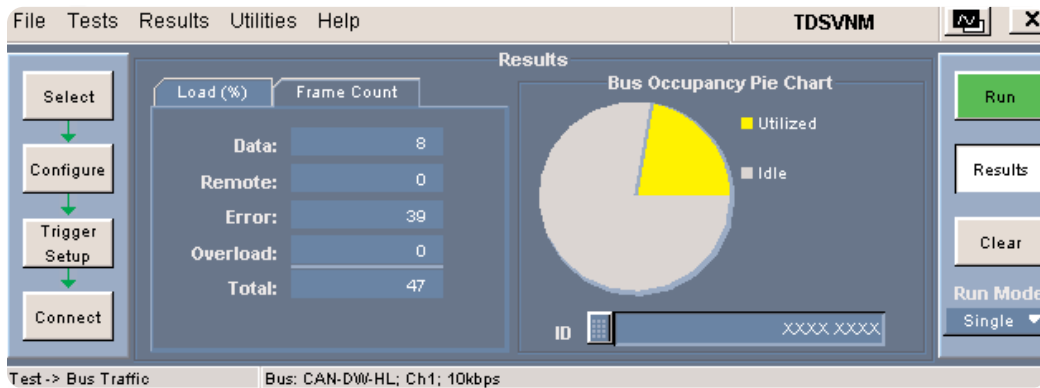
1. 出現特定 ID 訊息
2. 錯誤訊框
3. 超載訊框

TDSVNM 軟體目前提供偵測特定 ID、資料內容、錯誤訊框、或超載訊框時量測匯流排應用之功能，使用者可利用此功能在不同車輛操作條件下對網路負載進行偵測。圖 7 顯示匯流排應用結果。

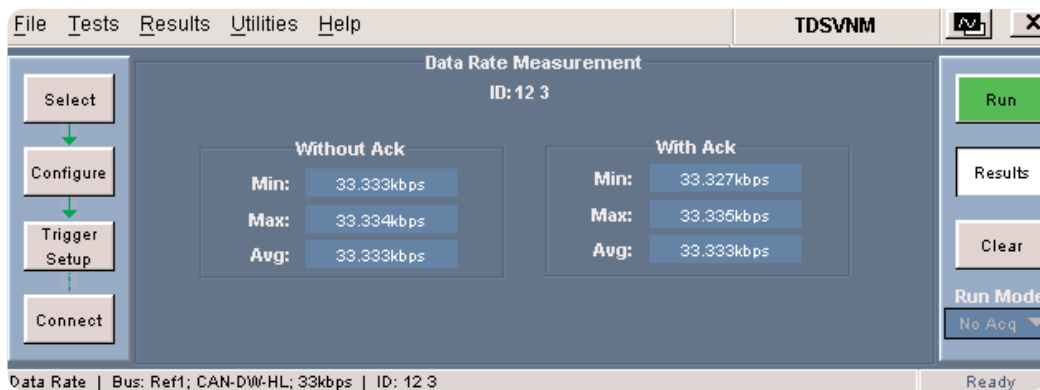
若要進一步分析匯流排，使用者可選擇使用圓形比例分配圖來檢視不同的訊框總數。檢視訊框總數將提供資料、錯誤、遠端、及超載訊框總數。此分佈能指出導致 CAN 匯流排超載原因，使用者可同時在資料訊框中檢視特定 ID 資料訊框總數；這將有助於測試較高優先權節點是否佔用匯流排，使用者可利用此結果設計性能更合乎需求的 CAN 時程。此外若要更加有效利用 CAN 匯流排，可重新分配 CAN 節點優先權。圖 8 顯示 CAN 流量中訊框分佈。

簡化 CAN 與 LIN 車內網路測試

► 應用摘要



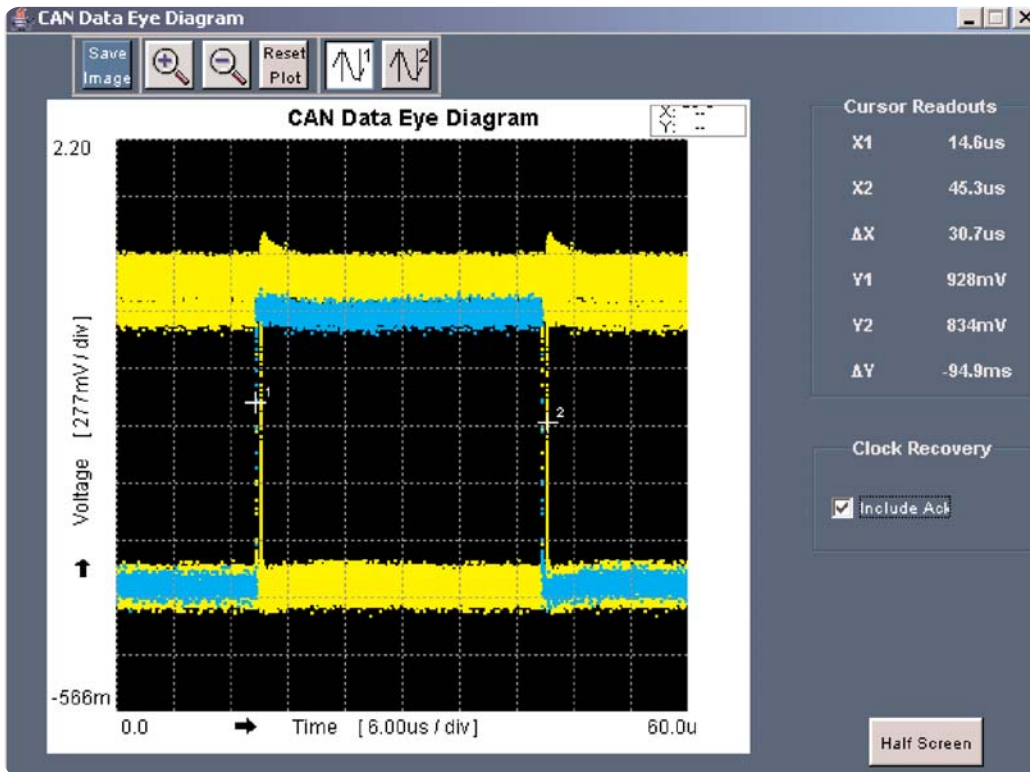
► 圖 8 依訊框類型顯示匯流排應用分佈



► 圖 9 資料傳輸率結果

車內網路中存在大量節點，如我們所知每個 CAN 節點皆能在不同 CAN 系統時脈中操作；但若使用時序暫存器傳輸率預除量，所有 CAN 節點皆能在一固定資料傳輸率中操作。由於人為疏失及 CAN 系統時脈之改變，資料傳輸率於車內網路進行整合時可能無法符合 CAN 匯流排資料傳輸率。若節點在傳送或接收任何 CAN 訊息時，節點將產生錯誤訊息導致網路失效。

透過 DPO7000 系列，以及結合 TDSVNM CAN、LIN 時序與通訊協定解碼軟體，及整合的 CAN 特定觸發功能之 LSA 選項，使用者可擷取特定 ID 的 CAN 訊息並量測資料傳輸率，然後可使用量測迅速找出與其他 CAN 節點資料傳輸率不符的節點。請參閱圖 9。



► 圖 10 含 ACK 位元的 CAN 眼狀圖

CAN 眼狀圖分析有助於找出 CAN 訊息中雜訊問題

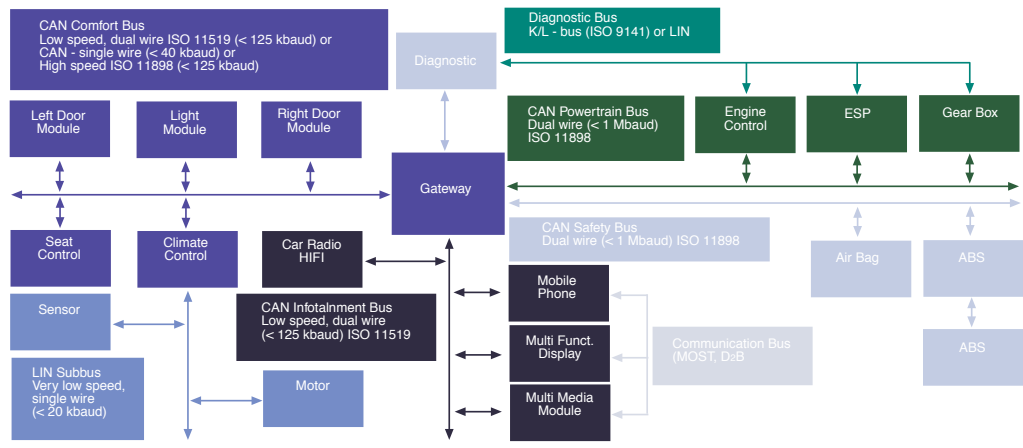
車內網路在吵雜的電力環境中作業，這將導致 CAN 訊息易受雜訊干擾，造成振幅異常、抖動增加、及訊號突波與衝擊。失真訊號會導致車內網路故障。

使用者可使用 TDSVNM 軟體依觸發條件指定 ID，擷取所需的 CAN 訊息。TDSVNM 會自動設定示波器以超高時間及振幅解析度觸發及擷取所需 CAN 訊息，以便擷取所有訊號資訊。眼狀圖圖形將迅速顯示振幅變化及訊號抖動的改變。

圖 10 顯示 CAN 眼狀圖，使用游標能進行振幅與抖動量測，此眼狀圖能讓您釐清傳送或接收節點間的問題，藍色軌跡代表 CAN 眼狀圖中 ACK 位元。

簡化 CAN 與 LIN 車內網路測試

► 應用摘要

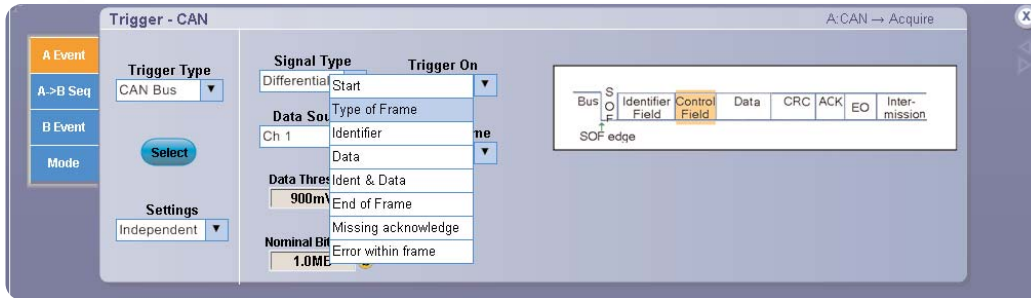


► 圖 11 典型車內網路

CAN 與 LIN 訊息通訊協定解碼

若實體層在車內網路中可完全進行操作，則韌體將與 ECU 整合；使用者可在過程中以 OSI 層的資料連結層格式檢視實體層之實際波形。圖 11 顯示典型車內網路的方塊圖。

在圖 11 中，並聯匯流排使用閘道進行互連；控制車內環境及資訊娛樂系統匯流排一般在 125 Kbps 以下操作，動力系統及安全匯流排則於 500 Kbps 至 1 Mbps 資料傳輸率下操作。



► 圖 12 TDSVNM 觸發設定

LIN 匯流排與控制車內環境匯流排連接，將產生使用閘道時不同匯流排間資料交換。在車用資訊娛樂系統網路中將需進行下列分析：

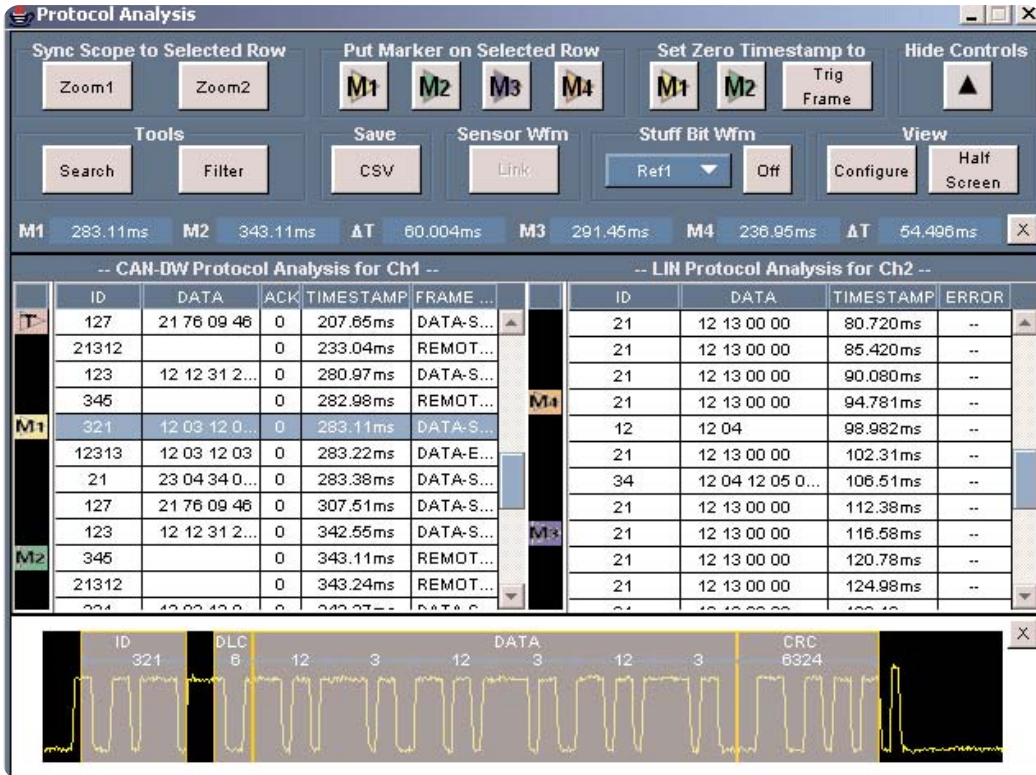
- 觸發特定 CAN 訊框內容以擷取匯流排流量進行資料連結層格式資訊檢視
- 建立 CAN 訊息的時間標記
- 分析不同網路區段間通訊
- 同時檢視兩網路區段中通訊協定活動的能力，此兩區段可為 CAN-CAN 或 CAN-LIN
- 分析閘道在不同區段交換訊息準確性與交換延遲時間

DPO7000 系列，以及結合整合的 CAN 特定觸發功能與 TDSVNM 軟體之 LSA 選項所提供通訊協定解碼功能提供業界處理這些需求的領先方案。

使用搭配 DPO7000 系列整合的 CAN 特定觸發功能介面的 TDSVNM 軟體，讓使用者能擷取特定 CAN 訊框內容上 CAN 流量，TDSVNM 解決方案能監控 CAN2.0A 或 CAN2.0B 訊框，讓使用者能同時彈性選擇訊框類型，如資料、超載、遠端、或錯誤訊框。使用者可依訊框內容指定欲監控內容並開始擷取。圖 12 顯示 DPO7000 觸發設定使用者介面。

簡化 CAN 與 LIN 車內網路測試

► 應用摘要



► 圖 13 CAN 與 LIN 通訊協定解碼資訊

然而以 YT (波形對時間) 格式擷取資料將很難解讀 NRZ 資料與了解 CAN 訊息內容，TDSVNM 會對 YT 波形進行解碼並顯示十六進位或二進位格式資料，能節省時間並避免人為錯誤。通訊協定解碼結果如圖 13 所示。

TDSVNM 軟體提供各種分析工具讓使用者能分析許多形式資料：例如 TDSVNM 能透過參考觸發條件的時間標記，彈性使用標記以選取所需訊框以供參考。若將標記置於任兩個所需 CAN 訊息間，您能了解兩個訊息間時間；同時可找出通訊延遲時間及兩個不同匯流排間資料交換準確性，市面上尚無任何示波器軟體能做到。

CAN 觸發功能	DPO7000 系列 內建 CAN 觸發	ATM1 觸發模組
基本功能	資料訊框 錯誤訊框 遠端訊框 超載訊框 ID、資料、ID 與資料 ACK 訊框起點/終點	資料訊框 被動與主動錯誤訊框 遠端訊框 超載訊框 ID、資料、DLC ACK、形式、CRC
進階功能		可在任三個 CAN 2.0A/B 訊息中，於邏輯 OR 範圍內或範圍外將 ID 及資料數值設為 <、>、? If-then-else 狀態觸發 狀態數量：3 每 if/then 最大事件數：2 每 if/then 最大觸發動作數：3 計數器與計時器數量：各 2 個

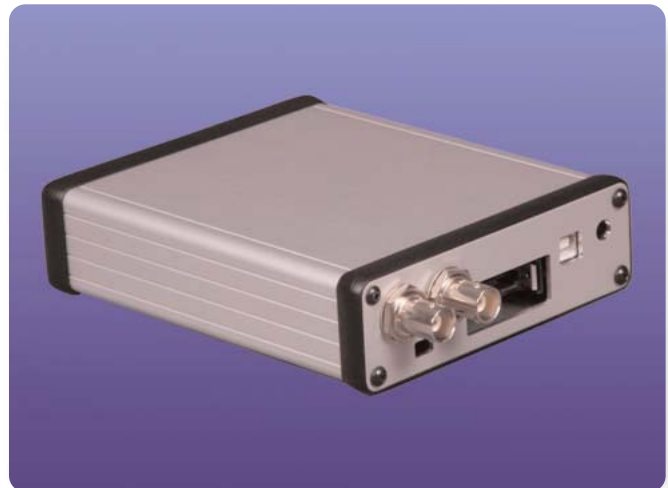
► 表 1 ATM1 觸發功能

使用更多觸發功能進行更多的通訊協定除錯

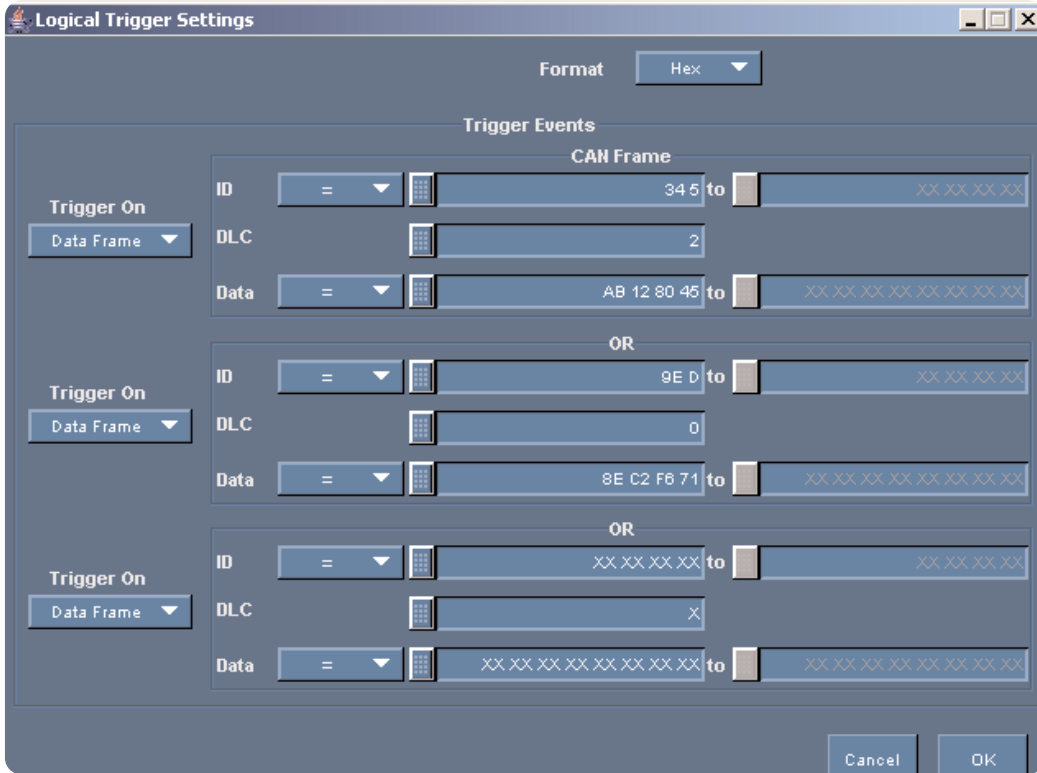
利用 DPO7000 系列的內建觸發功能，使用者也能同步處理訊框起點或終點、特定的識別碼、資料，或甚至遺失確定或者訊框內的錯誤。

然而，若使用者需要更多除錯功能，如複合觸發及資料過濾功能，Crescent Heart Software 發行的 ATM1 自動化觸發模組能提供業界應付上述需求的領先方案。利用 ATM1，使用者能在訊框內的 DLC、被動錯誤訊框或主動錯誤訊框上進行觸發，同時能執行串聯觸發 (cascaded triggers) 或 if-then-else 觸發。

表 1 詳細說明了 ATM1 自動化觸發模組所提供的觸發功能。



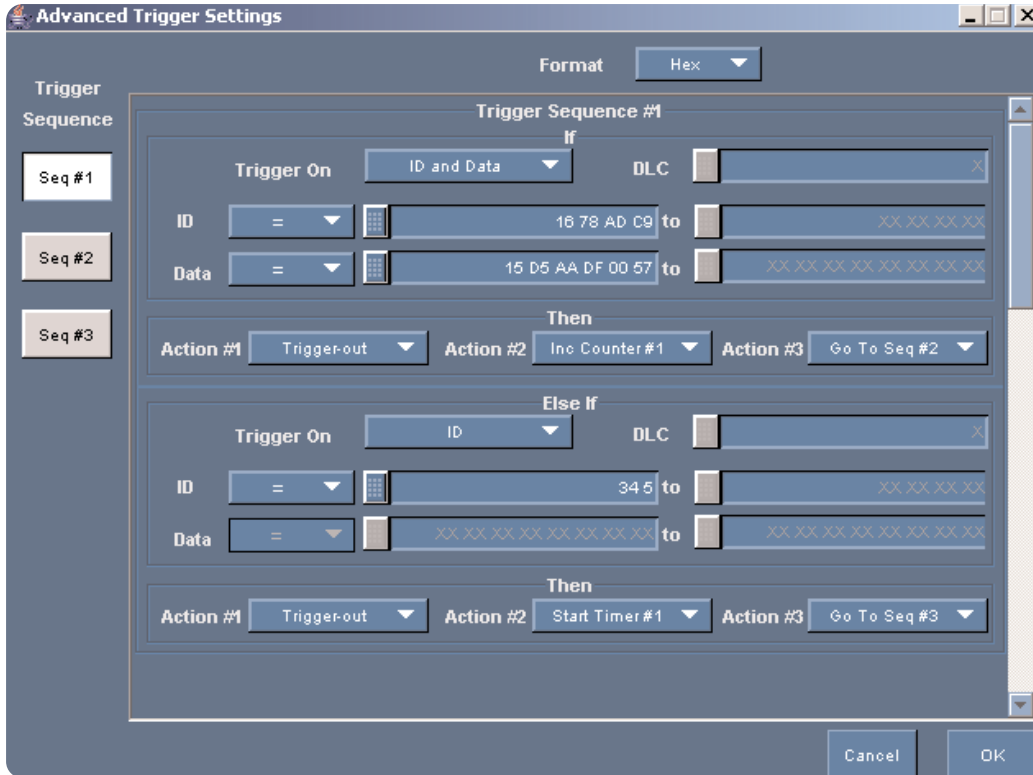
► 圖 14 ATM1 外部觸發模組



► 圖 15 任三個訊框內容間的邏輯觸發設定

圖 15 及圖 16 顯示可在 TDSVNM 軟體中設定的 ATM1 觸發功能。結合整合的 CAN 特定觸發功能、TDSVNM CAN、LIN 時序與通訊協定解碼軟體之 LSA 選項，能將您的通用型 Tektronix DPO7000 系列示波器轉換為精密的車內網路管理工具，提供了領先業界的功能：

- 量測振盪器誤差及傳輸延遲以節省時間
- 量測匯流排使用量及資料傳輸率以能有效利用網路
- 分析 CAN 眼狀圖以找出 CAN 訊息中的雜訊問題



► 圖 16 監控多個觸發條件的 If-then-else 觸發

- 擷取以 CAN 訊框內容為基礎所產生的 CAN 及 LIN 訊息，並以通訊協定解碼格式加以檢視
- 同時擷取 CAN 及 LIN 資料，並解碼為通訊協定格式加以檢視，這有助於找出閘道延遲時間
- 同時支援實體層除錯及通訊協定解碼的進階觸發功能
- 搭配額外的 ATM1 觸發模組，提供複合觸發及資料過濾功能

讓 DPO7000 系列提供您更深入的車內網路資料，並幫您更快速完成工作，以確保執行完美且可靠的作業。

參考文獻

- Philips 所著的應用摘要 (AN97046)
- Bosch 所著技術論文《The Configuration of the CAN Bit Timing》

請聯絡 Tektronix :
東南亞國協/大洋洲/巴基斯坦 (65) 6356 3900
奧地利 +41 52 675 3777
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777
比利時 07 81 60166
巴西與南美洲 55 (11) 3741-8360
加拿大 1 (800) 661-5625
中東歐、烏克蘭及波羅的海諸國 +41 52 675 3777
中歐與希臘 +41 52 675 3777
丹麥 +45 80 88 1401
芬蘭 +41 52 675 3777
法國與北非 +33 (0) 1 69 86 81 81
德國 +49 (221) 94 77 400
香港 (852) 2585-6688
印度 (91) 80-22275577
義大利 +39 (02) 25086 1
日本 81 (3) 6714-3010
盧森堡 +44 (0) 1344 392400
墨西哥、中美洲與加勒比海諸國 52 (55) 56666-333
中東、亞洲及北非 +41 52 675 3777
荷蘭 090 02 021797
挪威 800 16098
中華人民共和國 86 (10) 6235 1230
波蘭 +41 52 675 3777
葡萄牙 80 08 12370
大韓民國 82 (2) 528-5299
俄羅斯與獨立國協 7 095 775 1064
南非 +27 11 254 8360
西班牙 (+34) 901 988 054
瑞典 020 08 80371
瑞士 +41 52 675 3777
台灣 886 (2) 2722-9622
英國與愛爾蘭共和國 +44 (0) 1344 392400
美國 1 (800) 426-2200
其他地區請以下列電話連絡 Tektronix 公司: 1 (503) 627-7111
2005 年 6 月 15 日修訂

如需進一步資訊

Tektronix 秉持全方位、不斷擴展之應用摘要、技術簡介、與其他資源，協助工程師從事於尖端科技領域。請造訪 www.tektronix.com



Copyright © 2006 Tektronix 公司版權所有。Tektronix 產品受美國和外國專利權的保護、聲明與審查。本出版品中的資訊可取代之前任何出版品中的資訊。本公司保留變更規格與價格的權利。Tektronix 和 TEK 是太克科技股份有限公司 (Tektronix, Inc.) 的註冊商標。文件裡提到的所有其他商業名稱分屬各擁有公司的服務標誌、商標或註冊商標。

10/05 FLG/BT

61T-19063-1

Tektronix
Enabling Innovation