



INSTRUKCJA OBSŁUGI

GDI Driver

Wersja dokumentu: 1.0

Wersja firmware: 4.0 lub późniejsza

Opublikowano: 14.11.2025



Spis treści

1. Opis urządzenia.....	3
2. Specyfikacja.....	4
3. Pinout.....	5
4. Instalacja.....	9
5. Light Client.....	13
5.1. Parametry Light Client.....	13
5.2. Kanały Light Client.....	17
6. Komunikacja SENT pomiędzy GDI Driver a EMU PRO.....	22
7. CAN Stream.....	25
8. Rozwiązywanie problemów.....	29
9. Załącznik A – Komunikacja SENT.....	29
10. Załącznik B – Sterowanie pompą w trybie Low side.....	34
11. Historia dokumentu.....	35

1. Opis urządzenia

**Note:**

Instrukcja obsługi w języku polskim zawiera najważniejsze informacje niezbędne do poprawnego użytkowania urządzenia. Prosimy mieć na uwadze, że polskie instrukcje mogą nie być aktualizowane na bieżąco. Aktualna i pełna dokumentacja w języku angielskim jest zawsze dostępna pod adresem: <https://www.ecumaster.com/user-manuals/>

GDI Driver to sterownik typu aftermarket, zaprojektowany do obsługi nowoczesnych systemów bezpośredniego wtrysku benzyny (GDI). Urządzenie jest zdolne do sterowania maksymalnie 8 wtryskiwaczami typu peak-and-hold oraz 2 pompami wysokiego ciśnienia paliwa, zapewniając precyzję i niezawodność.

Najważniejsze cechy:

- **Sterowanie wtryskiwaczami:** Przekształca napięcie 12 V na wartość do 70 V, co umożliwia szybką reakcję wtryskiwaczy i precyzyjne sterowanie.
- **Obsługa zaworów pomp:** Obsługuje dwa zawory wysokociśnieniowych pomp paliwa zasilane napięciem 12 V.
- **Obsługa czujników SENT:** Możliwość podłączenia do 4 czujników SENT.
- **Komunikacja CAN:** Przesyła dane diagnostyczne do monitorowania i rejestrowania w czasie rzeczywistym.

GDI Driver jest kompatybilny z każdym sterownikiem silnika (ECU), który oferuje strategię GDI, jednak został zoptymalizowany pod kątem współpracy z EMU PRO. Po połączeniu tych urządzeń możliwe jest wykorzystanie zaawansowanych algorytmów i układów sprzętowych do osiągnięcia najwyższej precyzji w kontroli paliwa.

Aby uzyskać szczegółowe informacje dotyczące integracji GDI Driver z EMU PRO, należy zapoznać się z dokumentem *How-to Tune the GDI Engine*: https://www.ecumaster.com/files/EMU_PRO/How-to/How-to_Tune_the_GDI_Engine_in_EMU_PRO.pdf

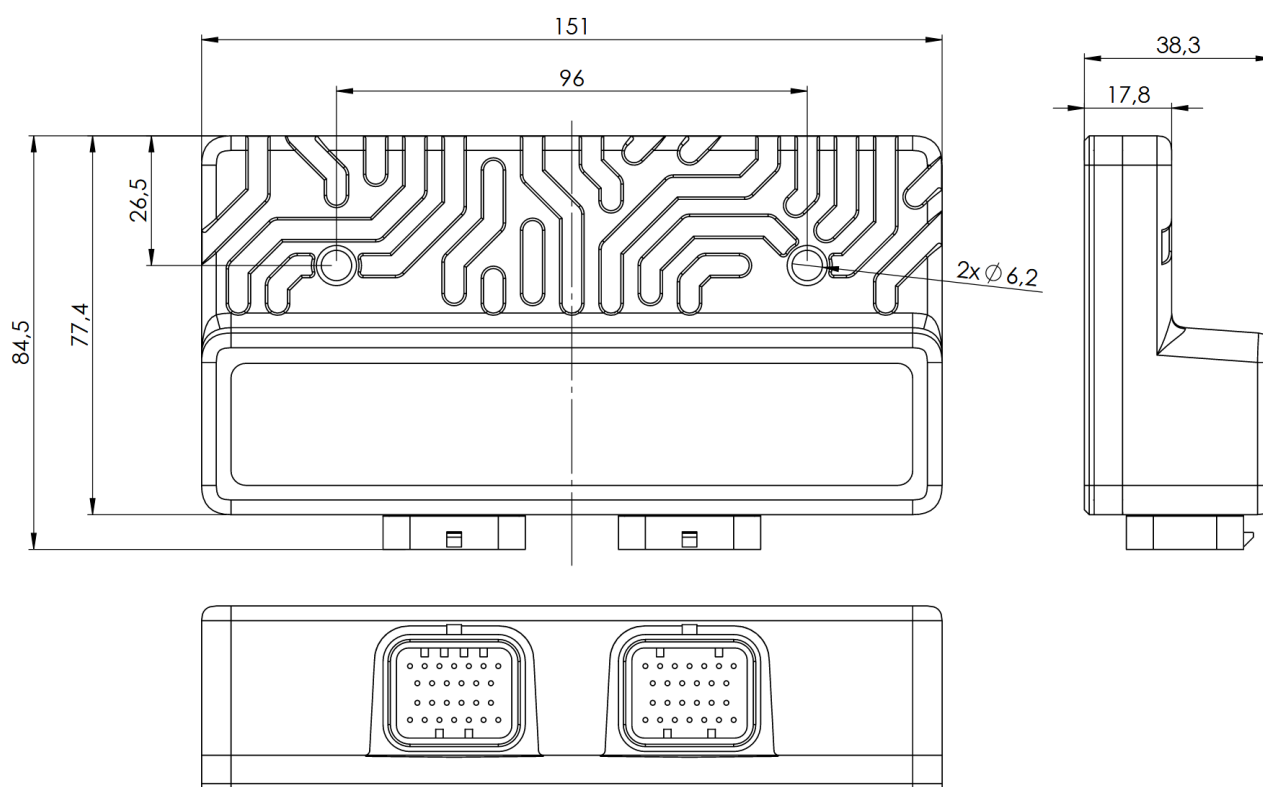
**Note:**

GDI Driver nie jest sterownikiem silnika (ECU); współpracuje z ECU, który jest niezbędny do prawidłowego działania systemu.

2. Specyfikacja

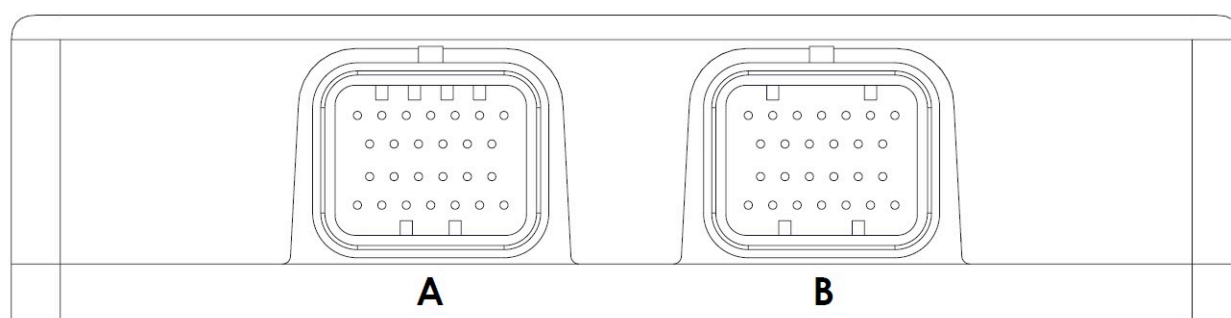
Zakres temperatur pracy	AECQ GRADE 1 (-40°C do +125°C)
Napięcie zasilania	9-22 V, odporność na zakłócenia zgodnie z ISO 7637
Maksymalne napięcie w fazie <i>boost</i>	70 V
Maksymalny prąd w fazie <i>boost</i>	16 A
Maksymalny czas trwania fazy <i>boost</i>	800 us
Maksymalny prąd w fazie <i>peak</i>	12 A
Maksymalny czas trwania prądu w fazie <i>peak</i>	1800 us
Maksymalny prąd w fazie <i>hold</i>	6 A
Masa	450 g
Wymiary	151 x 85 x 38 mm
Złącza	AMP SUPERSEAL 1.0: 1473416-2, 3-1437290-8
Terminale	3-1447221-3, 3-1447221-4
Komunikacja z PC	za pomocą interfejsu USB to CAN (Ecumaster USBtoCAN, Peak, Kvaser)
Liczba magistrali CAN	1 x CAN 2.0 A/B
Szybkość transmisji CAN	1 Mbps (domyślnie), 500 kbps, 250 kbps, 125 kbps
Terminacja CAN	brak
Komunikacja SENT	4
Liczba wyjść wtryskiwaczy	8
Liczba wyjść zapłonowych	0
Limit obrotów	9000 RPM przy pełnym obciążeniu (8 wtryskiwaczy, 2 pompy)
Obsługiwane wtryskiwacze	elektromagnetyczne, niskoomowe

Wszystkie wymiary podane w mm



3. Pinout

Symbole złącza:



Numery części złączy:

Seria złącza	AMP SUPERSEAL 1.0	
Złącze A	1473416-2	26 pinów
Złącze B	3-1437290-8	26 pinów
Terminal	3-1447221-3	do przewodów 16-18 AWG
Terminal	3-1447221-4	do przewodów 20 AWG

Zasilanie

Nazwa	Ilość	Opis
+12V supply	4	Zasilanie modułu – powinno być dostępne, gdy ECU jest włączony
+5V source	2	Zasilanie czujników – źródło może dostarczyć do 2 A prądu

Uziemienie

Nazwa	Ilość	Opis
Power GND	4	Masa zasilania
Digital GND	1	Masa cyfrowa dla czujników SENT
Analog GND	1	Masa analogowa dla wyjść analogowych

Komunikacja

Nazwa	Ilość	Opis
CAN high/low	2	Magistrala CAN, używana do komunikacji z komputerem PC oraz urządzeniami peryferyjnymi. Brak wewnętrznego rezystora terminującego. Wymagane jest zewnętrzne zakończenie.
SENT	4	Wejścia SENT (Single Ended Nibble Transmission) przeznaczone do podłączania czujników.

Wejścia

Nazwa	Ilość	Opis
Injector Control	8	Aktywowane przez podłączenie do masy. Wewnętrzny pull-up do +12V.
Pump Control	2	Aktywowane przez podłączenie do masy. Wewnętrzny pull-up do +12V.

Wyjścia analogowe

Nazwa	Ilość	Opis
Analog output	8	Wyjścia mogą być sterowane wartościami z SENT lub CAN. Zakres napięcia: 0–5 V. Rozdzielczość napięcia: 12 bit.

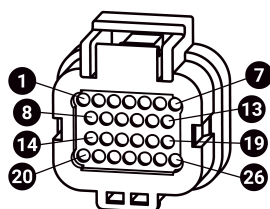
Wyjścia typu high side

Nazwa	Ilość	Opis
Injector high side	4	Wyjścia dla wtryskiwaczy bezpośrednich. Wspólne wyjście high side dla pary wtryskiwaczy. Wtryskiwacze w tej samej parze nie mogą mieć nakładających się impulsów (pulse width overlap).
Pump high side	2	Wyjścia high side do sterowania zaworami pomp.

Wyjścia typu low side

Nazwa	Ilość	Opis
Injector low side	8	Wyjścia low side dla wtryskiwaczy bezpośrednich.
Pump low side	2	Wyjścia low side dla zaworów sterujących pompami.

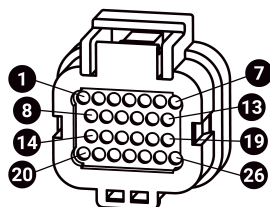
Złącze A:



Pin	Nazwa	Opis
A1	Injector C, D high side	Wspólne wyjście high side dla wtryskiwaczy C i D
A2	Injector A, B high side	Wspólne wyjście high side dla wtryskiwaczy A i B
A3	Injector D low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza D
A4	Injector C low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza C
A5	Injector B low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza B
A6	Injector A low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza A
A7	Pump 1 low side	Wyjście low side dla pompy 1
A8	Pump 1 control	Wejście sterujące pompą 1
A9	Injector D control	Wejście sterujące wtryskiwaczem D
A10	Injector C control	Wejście sterujące wtryskiwaczem C
A11	Injector B control	Wejście sterujące wtryskiwaczem B
A12	Injector A control	Wejście sterujące wtryskiwaczem A
A13	Pump 1 high side	Wyjście high side dla pompy 1
A14	Power GND	Masa zasilania

Pin	Nazwa	Opis
A15	Analog output 4	Wyjście analogowe 4
A16	Analog output 3	Wyjście analogowe 3
A17	Analog output 2	Wyjście analogowe 2
A18	Analog output 1	Wyjście analogowe 1
A19	+12V supply	Zasilanie
A20	Power GND	Masa zasilania
A21	+5V source	Zasilanie czujników +5V
A22	Analog GND	Masa analogowa
A23	Digital GND	Masa cyfrowa
A24	SENT 1	Wejście czujnika SENT 1
A25	SENT 2	Wejście czujnika SENT 2
A26	+12V supply	Zasilanie

Złącze B:



Pin	Nazwa	Opis
B1	Pump 2 low side	Wyjście low side dla pompy 2
B2	Injector E low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza E
B3	Injector F low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza F
B4	Injector G low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza G
B5	Injector H low side	Wyjście low side dla wtryskiwacza H
B6	Injector E, F high side	Wspólne wyjście high side dla wtryskiwaczy E i F
B7	Injector G, H high side	Wspólne wyjście high side dla wtryskiwaczy G i H
B8	Pump 2 high side	Wyjście high side dla pompy 2
B9	Injector E control	Wejście sterujące wtryskiwaczem E
B10	Injector F control	Wejście sterujące wtryskiwaczem F
B11	Injector G control	Wejście sterujące wtryskiwaczem G
B12	Injector H control	Wejście sterujące wtryskiwaczem H
B13	Pump 2 control	Wejście sterujące pompą 2
B14	+12V supply	Zasilanie

Pin	Nazwa	Opis
B15	Analog output 5	Wyjście analogowe 5
B16	Analog output 6	Wyjście analogowe 6
B17	Analog output 7	Wyjście analogowe 7
B18	Analog output 8	Wyjście analogowe 8
B19	Power GND	Masa zasilania
B20	+12V supply	Zasilanie
B21	SENT 3	Wejście czujnika SENT 3
B22	SENT 4	Wejście czujnika SENT 4
B23	CAN low	Linia CAN low – komunikacja z PC i urządzeniami peryferyjnymi
B24	CAN high	Linia CAN high – komunikacja z PC i urządzeniami peryferyjnymi
B25	+5V source	Zasilanie czujników +5V
B26	Power GND	Masa zasilania

Zalecane przekroje przewodów:

Nazwa	AWG
+12 V power supply	18
Power ground	18
Injector high side	20
Injector low side	20
Pump high side	20
Pump low side	20

4. Instalacja



Note:

Sterownik Ecumaster GDI Driver nie obsługuje wtryskiwaczy piezoelektrycznych.

Podczas montażu należy upewnić się, że urządzenie jest zamocowane w stabilnym miejscu, w którym temperatura nie przekracza 70°C (160°F) oraz nie występują nadmierne wibracje.

Przewody łączące sterownik z wtryskiwaczami powinny być jak najkrótsze – maksymalna długość to 1,5 metra (5 stóp) – aby zapewnić optymalną wydajność i integralność sygnału.

Sterownik posiada cztery wyjścia typu high-side. W silnikach mających więcej niż cztery cylindry, wtryskiwacze muszą być połączone w pary. Wtryskiwacze w jednej parze nie mogą być włączane jednocześnie – sterownik GDI nie dopuści do tego, niezależnie od sygnałów sterujących. Wtrysk bezpośredni zachodzi jedynie podczas suwa ssania i sprężania, dlatego łączenie wtryskiwaczy przesuniętych o 360° cyklu pracy silnika naturalnie eliminuje możliwość nakładania się impulsów wtrysku.

Decyzję o tym, które wtryskiwacze połączyć w pary, można podjąć, analizując kolejność zapłonów silnika. Podział kolejności zapłonów na dwie połowy tworzy dwie grupy cylindrów przesunięte o połowę cyklu pracy silnika. Wtryskiwacze znajdujące się na pierwszej pozycji w obu grupach należy sparować ze sobą, to samo dotyczy drugiej pozycji w obu grupach, itd.

Aby zapewnić równomierne obciążenie i najlepszą wydajność, zaleca się symetryczne wykorzystanie obu złączy.

Jeżeli Twój system korzysta z pompy sterowanej sygnałem PWM, należy zapoznać się z dokumentem *Appendix A – PWM Pump Configuration*: https://www.ecumaster.com/files/EMU_PRO/How-to/How-to_Tune_the_GDI_Engine_in_EMU_PRO.pdf

Przykład 1: silnik czterocylindrowy

W tym przykładzie pokazano sposób łączenia wtryskiwaczy w pary. Alternatywnie każdy wtryskiwacz mógłby być podłączony do osobnego wyjścia high-side.

Kolejność zapłonów: 1-3-4-2

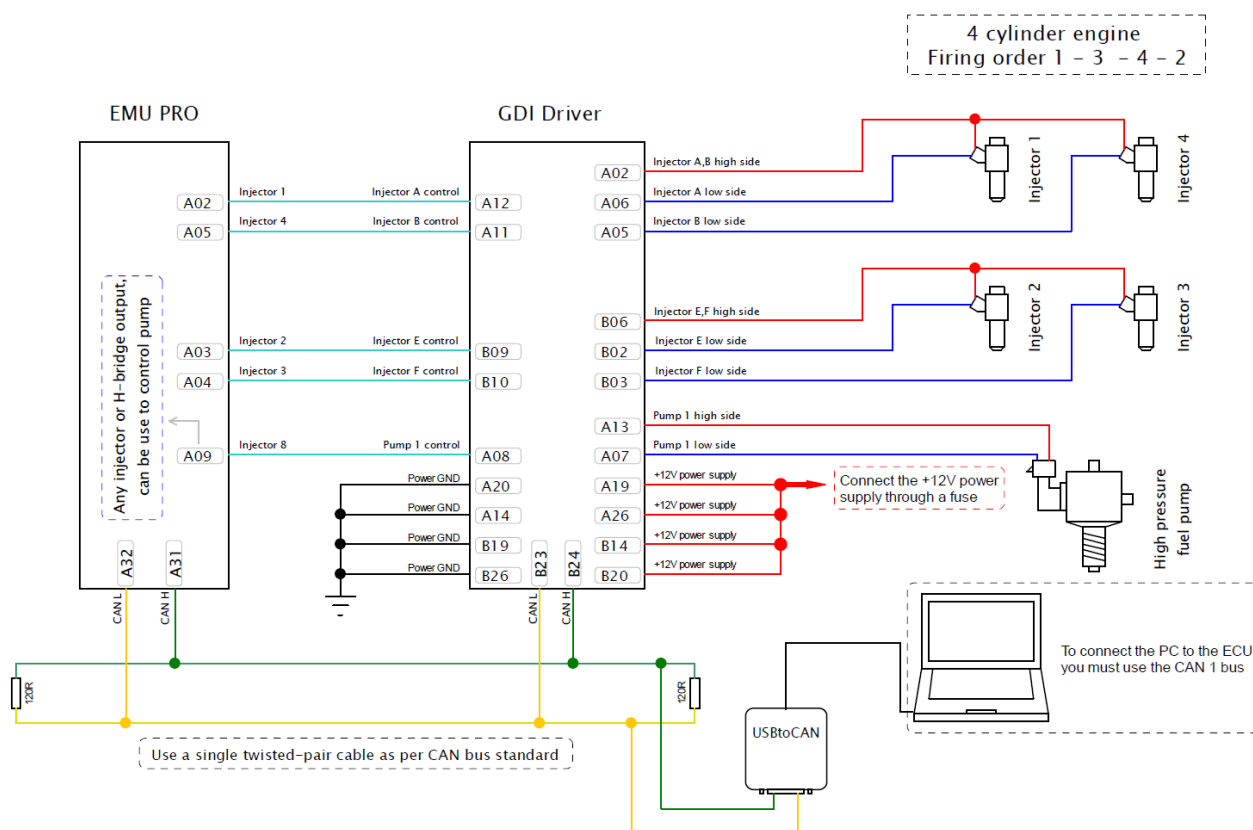
Pierwsza połowa kolejności: 1-3

Druga połowa kolejności: 4-2

Parowanie wtryskiwaczy:

Para 1 (A, B): 1 & 4

Para 2 (E, F): 3 & 2



* 4 cylinder engine Firing order 1 - 3 - 4 - 2 – Silnik 4-cylindrowy, Kolejność zapłonu: 1 – 3 – 4 – 2
 Any injector or H-bridge output, can be use to control pump – Każdy wtryskiwacz lub wyjście H-bridge może być użyte do sterowania pompą.

Use a single twisted-pair cable as per CAN bus standard – Użyj przewodu dwużyłowego skręcanego zgodnie ze standardem magistrali CAN.

Connect the +12V power supply through a fuse – Podłącz zasilanie +12 V przez bezpiecznik.

To connect the PC to the ECU, you must use the CAN 1 bus – Komputer PC należy połączyć z ECU za pomocą magistrali CAN 1.

Injector – wtryskiwacz paliwa

High pressure fuel pump – pompa paliwa wysokiego ciśnienia

Przykład 2: silnik sześciocylindrowy

Kolejność zapłonów: 1-5-3-6-2-4

Pierwsza połowa kolejności: 1-5-3

Drua połowa kolejności: 6-2-4

Parowanie wtryskiwaczy:

Para 1 (A, B): 1 & 6

Para 2 (C, D): 5 & 2

Para 3 (E, F): 3 & 4

Przykład 3: silnik ośmiocylindrowy

Kolejność zapłonów: 1-5-4-8-6-3-7-2

Pierwsza połowa kolejności: 1-5-4-8

Druga połowa kolejności: 6-3-7-2

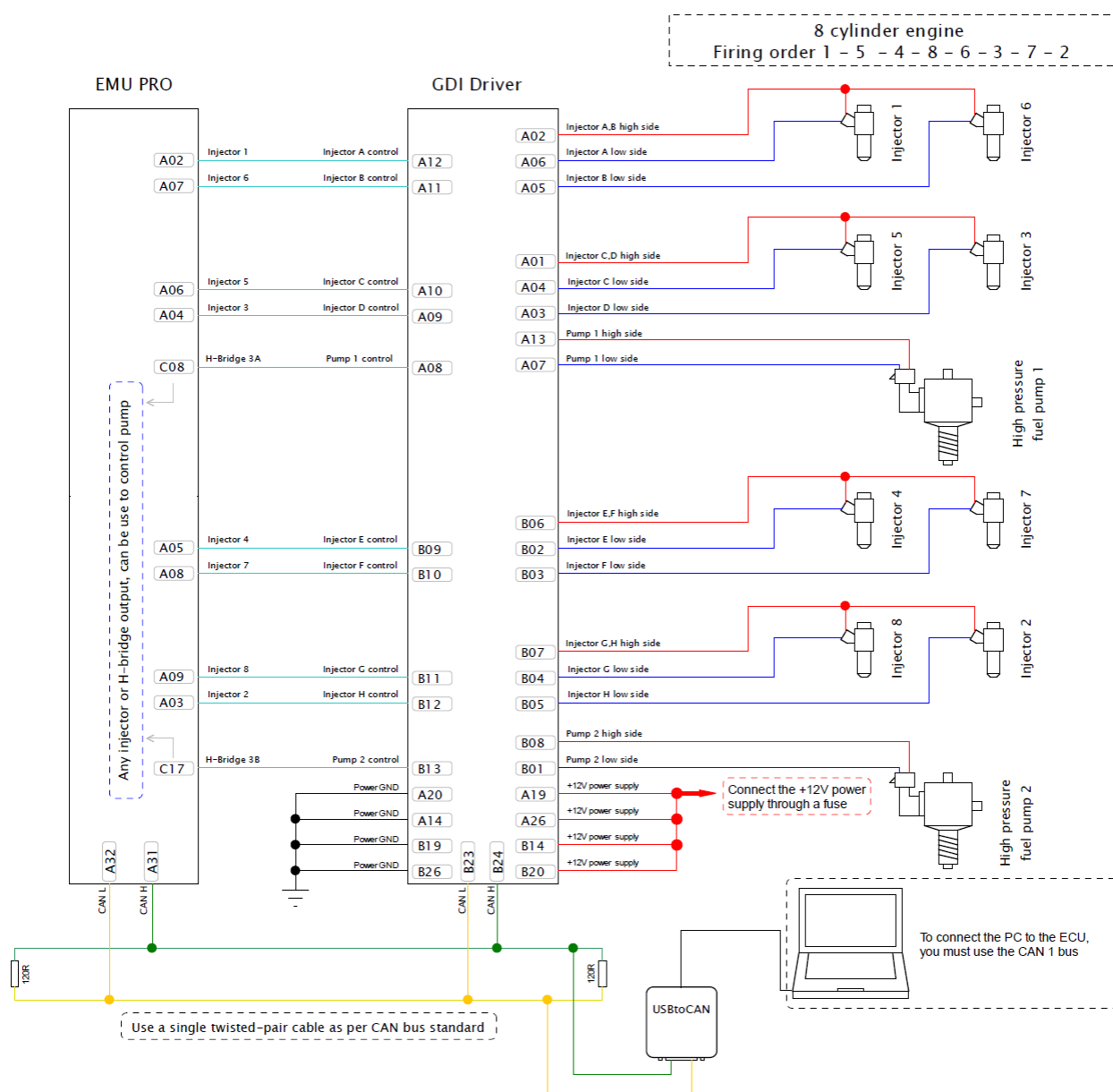
Parowanie wtryskiwaczy:

Para 1 (A, B): 1 & 6

Para 2 (C, D): 5 & 3

Para 3 (E, F): 4 & 7

Para 4 (G, H): 8 & 2



5. Light Client

Konfiguracja sterownika GDI Driver odbywa się za pomocą oprogramowania Light Client. Do poprawnej obsługi urządzenia wymagana jest wersja Light Client v2.4 lub nowsza. Szczegółowe informacje dotyczące pomiaru parametrów wtryskiwaczy oraz pompy znajdują się w dokumencie *How-to Tune the GDI Engine*: https://www.ecumaster.com/files/EMU_PRO/How-to/How-to_Tune_the_GDI_Engine_in_EMU_PRO.pdf

5.1. Parametry Light Client

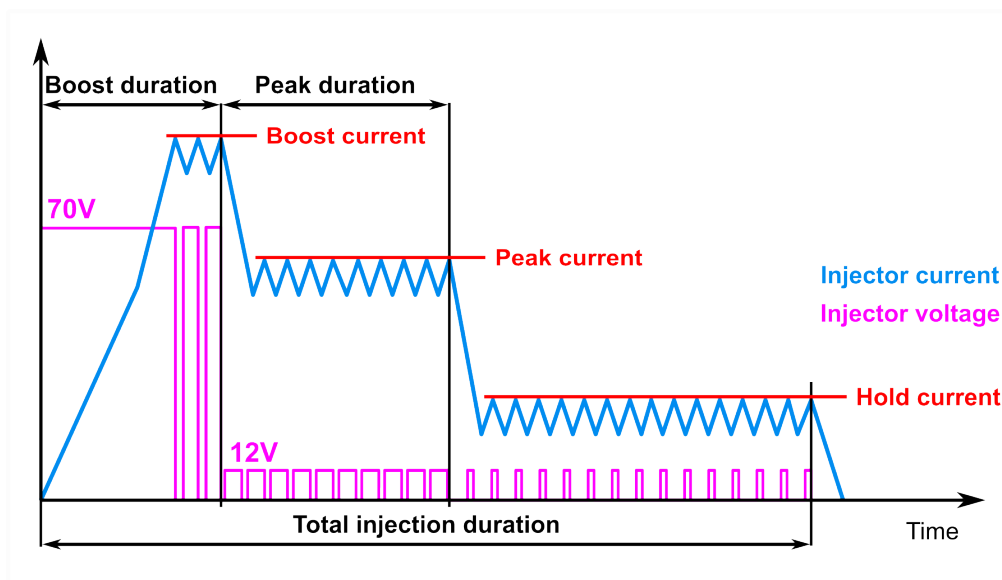
Parametry CAN configuration

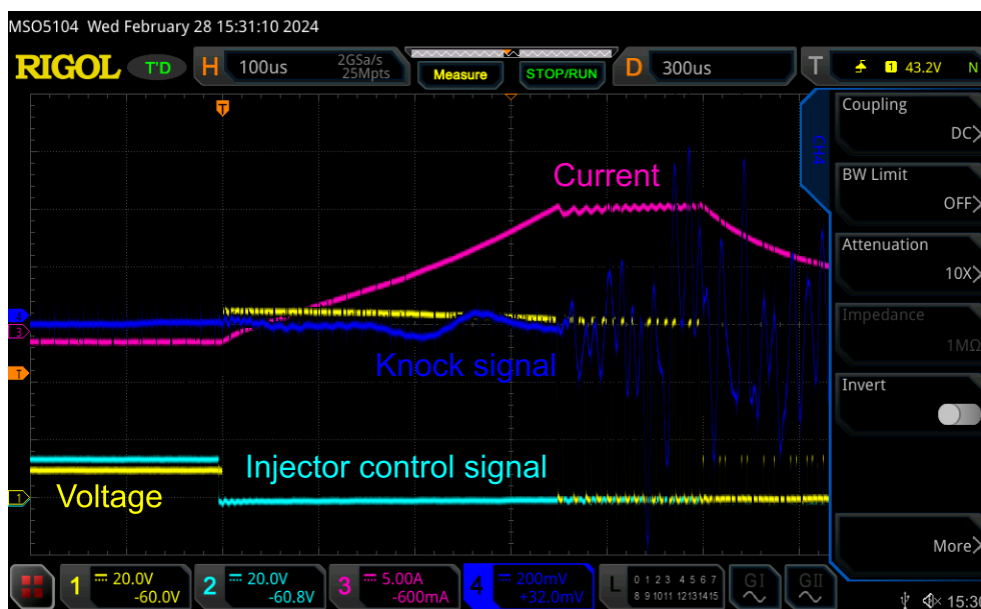
Parametr	Opis
<i>Output base ID</i>	ID ramki CAN, za pośrednictwem której przesyłane są dane diagnostyczne GDI Drivera.

Parametry Injector configuration

Aby zapewnić optymalną pracę wtryskiwacza, należy skonfigurować kluczowe parametry sterujące jego działaniem:

Parametr	Opis
Boost voltage	Napięcie podawane na wtryskiwacz w fazie <i>boost</i> .
Boost current	Maksymalny prąd podawany na wtryskiwacz w fazie <i>boost</i> .
Boost duration	Czas trwania fazy <i>boost</i> , czyli okres, w którym podawane są napięcie i prąd <i>boost</i> .
Peak current	Maksymalny prąd podawany w fazie <i>peak</i> .
Peak duration	Czas trwania fazy <i>peak</i> , czyli okres, w którym utrzymywany jest prąd fazy <i>peak</i> .
Hold current	Prąd utrzymujący otwarcie wtryskiwacza po zakończeniu fazy <i>peak</i> .
On time max	Funkcja bezpieczeństwa określająca maksymalny czas otwarcia wtryskiwacza. Nawet jeśli ECU zażąda dłuższego czasu, wtryskiwacz zostanie zamknięty po upływie tego limitu, aby zapobiec przegrzaniu i uszkodzeniom.
Off time min	Funkcja diagnostyczna określająca minimalny czas przerwy między kolejnymi aktywacjami wyjścia. Pozwala na rozproszenie prądu obciążenia przed kolejnym włączeniem. Włączenie wyjścia, gdy prąd obciążenia z poprzedniej aktywacji nadal płynie, spowoduje wygenerowanie błędu diagnostycznego dla tego wyjścia.





- * *Boost duration* – Czas trwania fazy *boost* (początkowego zwiększenia prądu wtryskiwacza)
- Peak duration* – Czas trwania fazy *peak* (maksymalnego prądu sterującego)
- Boost current* – Prąd w fazie *boost* – chwilowe zwiększenie prądu dla szybszego otwarcia wtryskiwacza
- Peak current* – Prąd w fazie *peak* – maksymalna wartość prądu sterującego wtryskiem
- Injector current* – Prąd wtryskiwacza
- Injector voltage* – Napięcie wtryskiwacza
- Hold current* – Prąd w fazie *hold* – wartość prądu utrzymująca otwarcie wtryskiwacza po fazie *peak*
- Total injection duration* – Całkowity czas trwania wtrysku
- Time* – Czas
- Current* – Prąd
- Voltage* – Napięcie
- Knock signal* – Sygnał spalania stukowego (sygnał z czujnika spalania stukowego)
- Injector control signal* – Sygnał sterujący wtryskiwaczem

Parametry Pumps configuration

Parametr	Opis
Output mode	Określa tryb wyjścia dla sterowania pompą. W trybie <i>Low side</i> wymagany jest zewnętrzny dioda flyback. Więcej informacji w Załącznik B – Sterowanie pompą w trybie Low side (on page 34)
Peak current	Prąd w fazie <i>peak</i> – wysoki poziom prądu elektrycznego, używany do szybkiego otwarcia zaworu. Jest to początkowy impuls prądowy, zapewniający wystarczającą moc do przesunięcia zaworu z pozycji zamkniętej do otwartej.
Peak duration	Czas trwania fazy <i>peak</i> , w którym przykładany jest prąd fazy <i>peak</i> . Trwa na tyle długo, aby zapewnić pełne otwarcie zaworu.
Hold current	Prąd w fazie <i>hold</i> – niższy poziom prądu elektrycznego, utrzymywany w celu utrzymania zaworu w pozycji otwartej po jego aktywacji.
Crank time max	Funkcja bezpieczeństwa określająca maksymalny czas aktywacji wyjścia pompy podczas rozruchu silnika. Po aktywacji wyjścia dłuższej niż <i>On time max</i> , wyjście musi zostać wyłączone na czas równy okresowi aktywacji, zanim będzie możliwe ponowne dłuższe włączenie. Przekroczenie tego czasu lub zbyt wczesne ponowne włączenie wymusi użycie limitu <i>On time max</i> .
On time max	Funkcja bezpieczeństwa określająca maksymalny czas aktywacji wyjścia pompy. Nawet jeśli ECU zażąda dłuższego czasu, wyjście zostanie wyłączone po osiągnięciu tego limitu, aby zapobiec przegrzaniu i uszkodzeniom.
Off time min	Funkcja diagnostyczna określająca minimalny czas przerwy między kolejnymi aktywacjami wyjścia. Pozwala na rozproszenie prądu obciążenia przed kolejną aktywacją. Włączenie wyjścia, gdy prąd obciążenia z poprzedniej aktywacji nadal płynie, może wygenerować błąd diagnostyczny dla tego wyjścia.

Parametry SENT # Szczegóły dotyczące protokołu komunikacyjnego **SENT** opisano w [Załącznik A – Komunikacja SENT \(on page 29\)](#).

Parametr	Opis
Pause pulse	„Pause Pulse” to opcjonalna przerwa pomiędzy ramkami SENT, stosowana w niektórych sygnałach OEM. Należy upewnić się, że jest włączona lub wyłączona zgodnie z konfiguracją danego protokołu. Nieprawidłowe ustawienie spowoduje wzrost licznika <i>Sync Errors</i> .
CRC mode	Określa metodę obliczania sumy kontrolnej CRC. Niepoprawna konfiguracja spowoduje wzrost licznika <i>CRC Errors</i> , co oznacza problemy z walidacją danych.

Parametry SENT over CAN

Parametr	Opis
Channel 1+2 (3+4): Enable	Aktywuje transmisję złożonych ramek SENT przez magistralę CAN. Ramki te mogą być następnie wykorzystywane przez EMU PRO . Szczegółowe instrukcje konfiguracji znajdują się w rozdziale Komunikacja SENT pomiędzy GDI Driver a EMU PRO (on page 22)
Channel 1+2 (3+4): CAN ID	Określa identyfikator ramki, za pośrednictwem której przesyłane są dane SENT przez CAN. Sygnały z kluczowych czujników (np. pozycja przepustnicy) powinny mieć niski numer ID, aby były odbierane z wysokim priorytetem.

5.2. Kanały Light Client

Kanały diagnostyczne Driwera (*Driver information*)

Sekcja ta zawiera ważne informacje o różnych elementach urządzenia i pełni funkcję centralnego panelu monitorowania kluczowych ustawień.

Kanał	Opis
Driver state	Aktualny stan urządzenia. ¹
Supply voltage	Napięcie zasilania urządzenia – niestabilne napięcie może prowadzić do nieprawidłowej pracy.
Sensor voltage	Napięcie zasilania wyjściowego czujników – powinno być stabilne, około 5 V.

Kanał	Opis
Boost voltage A	Napięcie na wyjściu konwertera po lewej stronie (Złącze A). Powinno być stabilne i zbliżone do wartości ustawionej w parametrze <i>Boost voltage</i> .
Boost voltage B	Napięcie na wyjściu konwertera po prawej stronie (Złącze B). Powinno być stabilne i zbliżone do wartości ustawionej w parametrze <i>Boost voltage</i> .
Board temp A	Temperatura lewej strony urządzenia (Złącze A). Obciążenie powinno być zrównoważone, aby obie strony urządzenia utrzymywały podobną temperaturę.
Board temp B	Temperatura prawej strony urządzenia (Złącze B). Obciążenie powinno być zrównoważone, aby obie strony urządzenia utrzymywały podobną temperaturę.
Heartbeat	Licznik ramek przesyłanych przez magistralę CAN.

¹ Stan sterownika (*Driver state*)

Nr	Opis
0	OK
1	Błąd inicjalizacji
2	Błąd napięcia zasilania
3	Błąd temperatury – Board temp A
4	Błąd temperatury – Board temp B
5	Błąd napięcia boost A
6	Błąd napięcia boost B
7	Błąd wtryskiwacza
8	Błąd pompy
11	Ostrzeżenie wtryskiwacza
12	Ostrzeżenie pompy
14	Błąd napięcia czujnika

Kanały błędów wtryskiwaczy (*Injector error*)

Kanał	Opis
Injector A - H error	Kanał wskazujący bieżący błąd wtryskiwacza. ²

² Stan wtryskiwacza (*Injector state*)

Nr	Opis
0	Brak sygnału
1	Obciążenie przerwane (Open load)
2	Zwarcie obciążenia (Shorted load)
3	Zwarcie wyjścia do boost
4	Zwarcie wyjścia do zasilania
5	Zwarcie wyjścia do masy
6	Transistor boost otwarty
7	Transistor zasilania otwarty (Supply transistor open)
8	Transistor masy otwarty (Ground transistor open)

Kanały ostrzeżeń wtryskiwaczy (*Injector warnings*)

Błędy (Errors) są krytyczne – wykrycie błędu powoduje wyłączenie wyjścia aż do następnego cyklu zasilania.

Ostrzeżenia (Warnings) nie są krytyczne – wyjścia nie są wyłączane, gdy zostanie wygenerowane ostrzeżenie.

Kanał	Opis
Boost not achieved	Kanał wskazujący, które wtryskiwacze wygenerowały ostrzeżenie „ Boost not achieved ”. Oznacza to, że dla tych wtryskiwaczy nie został osiągnięty skonfigurowany prąd boost <i>Boost current</i> .
Peak not achieved	Kanał wskazujący, które wtryskiwacze wygenerowały ostrzeżenie „ Peak not achieved ”. Oznacza to, że dla tych wtryskiwaczy nie został osiągnięty skonfigurowany prąd peak <i>Peak current</i> .
Hold not achieved	Kanał wskazujący, które wtryskiwacze wygenerowały ostrzeżenie „ Hold not achieved ”. Oznacza to, że dla tych wtryskiwaczy nie został osiągnięty skonfigurowany prąd hold <i>Hold current</i> .

Kanał	Opis
On time timeout	Kanał wskazujący, które wtryskiwacze wygenerowały ostrzeżenie „ On time timeout ”. Oznacza to, że żądany czas aktywacji wtryskiwacza był dłuższy niż ustawiony limit <i>On time max</i>
Off time timeout	Kanał wskazujący, które wtryskiwacze wygenerowały ostrzeżenie „ Off time timeout ”. Występuje, gdy czas między wyłączeniem a ponownym włączeniem wyjścia jest krótszy niż ustawiony <i>Off time min</i> .
Inj XY overlap	Kanał wskazujący, gdy występuje nakładanie się aktywności wtryskiwaczy w parach (AB, CD, itd.). Wtryskiwacze w parze nie powinny być aktywne jednocześnie. Jeśli do tego dochodzi, wtryskiwacze należy odpowiednio przełączyć. Więcej w rozdziale Instalacja (on page 9) .

Kanały błędów pomp (*Pump errors*)

Kanał	Opis
Pump 1 - 2 error	Kanał wskazujący bieżący błąd pompy. ³

³ Stan pompy (*Pump state*)

Nr	Opis
0	Brak sygnału
1	Obciążenie przerwane (Open load)
2	Zwarcie obciążenia (Shorted load)
3	Zwarcie wyjścia do zasilania
4	Zwarcie wyjścia do masy
5	Tranzystor zasilania otwarty
6	Tranzystor masy otwarty

Kanały ostrzeżeń pomp (*Pump # warnings*)

Kanał	Opis
Peak not achieved	Nie osiągnięto żadanego prądu w fazie <i>peak</i>
Hold not achieved	Nie osiągnięto żadanego prądu w fazie <i>hold</i>
On time timeout	Żądany czas aktywacji wyjścia pompy był dłuższy niż ustawiony limit <i>On time max</i>
Off time timeout	Czas między kolejnymi aktywacjami tego samego wyjścia pompy był krótszy niż ustawiony limit <i>Off time min</i>

Kanały SENT

Kanał	Opis
Channel A	Wartość SENT Signal 1.
Channel B	Wartość SENT Signal 2.
Secure counter	Jeśli format SENT to <i>Single Signal</i> lub <i>Single Secure</i> , kanał wyświetla wartość inkrementowaną dla każdej odebranej ramki SENT. Dla formatu <i>Dual Sensor</i> wartość może być niejednoznaczna.
Inverted MSN of A	Binarnie odwrócony Most Significant Nibble (MSN), każdy bit jest odwrócony (np. 0001 → 1110). W systemie szesnastkowym oznacza to np. 0x01 → 0x0E. W formacie <i>Single Signal</i> wyświetla stałą wartość 0.
Diag: Data valid	Jeśli dane SENT zostały poprawnie odebrane, kanał wyświetla 1; jeśli dane są niepoprawne, wyświetla 0.
Diag: Heartbeat	Z każdym odebrany frame SENT wartość tego kanału jest inkrementowana.
Diag: Sync errors	Jeśli odebrana ramka danych nie ma poprawnej struktury, wartość kanału jest inkrementowana.
Diag: CRC errors	Jeśli odebrana ramka danych zawiera błąd CRC/sprawdzenia sumy kontrolnej, wartość kanału jest inkrementowana.

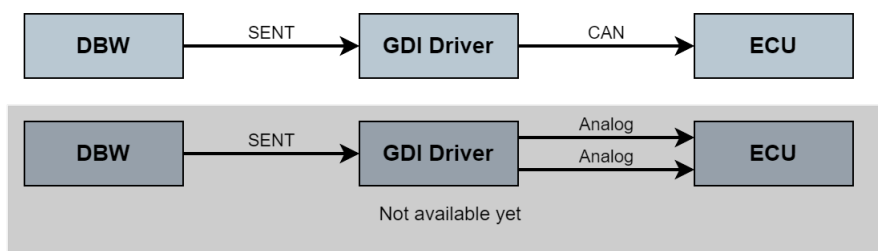
6. Komunikacja SENT pomiędzy GDI Driver a EMU PRO

Szczegółowy opis protokołu komunikacyjnego SENT znajduje się w [Załącznik A – Komunikacja SENT \(on page 29\)](#).

Transmisja SENT przez GDI Driver

Istnieją dwa główne sposoby odbioru danych SENT z wykorzystaniem GDI Driver:

- CAN: GDI Driver może odbierać dane przy użyciu protokołu SENT i przysyłać je przez magistralę CAN bez ich interpretacji. W tym trybie to ECU dekoduje i interpretuje dane SENT. Każda ramka zawiera licznik ramek SENT, który umożliwia wykrycie brakujących ramek.
- GDI Driver może również interpretować dane SENT i przekazywać je do ECU jako gotowe sygnały analogowe. *[OPCJA AKTUALNIE NIEDOSTĘPNA]*.



Obsługiwane formaty ramek **Fast channel** w EMU PRO:

- Single Sensor - pojedynczy czujnik
- Dual Sensor 12/12 bit - podwójny czujnik 12/12 bit
- Single Secure - tryb pojedynczy z zabezpieczeniem

Pętla sterowania w EMU PRO działa z częstotliwością 500 Hz, niezależnie od częstotliwości ramek SENT.

Konfiguracja SENT w EMU PRO:

- **Communication / SENT over CAN bus / SENT 1+2 enable (SENT 3+4 enable)** – aktywuje komunikację SENT przez magistralę CAN.
- **Communication / SENT over CAN bus / SENT 1+2 CAN ID (SENT 3+4 CAN ID)** – określa identyfikator CAN (CAN ID) ramek, w których przesyłane są kanały SENT 1 i 2. Ta wartość musi być zgodna z ustawieniem w Light Client, opisanym w rozdziale [Parametry Light Client \(on page 13\)](#)
- **Communication / SENT over CAN bus / GDI Driver CAN output base ID** – określa identyfikator CAN, przez który przesyłane są dane diagnostyczne SENT z GDI Driver.

Aby użyć kanału SENT jako źródła sygnału dla konkretnego czujnika, należy ustawić: **Source** → **Voltage over SENT**. Dzięki temu aktywowane zostaną opcje konfiguracji SENT:

- **Sensors / [Specific Sensor] / Input** - wybór kanału SENT
- **Sensors / [Specific Sensor] / Input / SENT message / Format** - wybór formatu ramki SENT:
 - Single Sensor - pojedynczy czujnik
 - Dual Sensor 12/12 bit - podwójny czujnik 12/12 bit
 - Single Secure - tryb pojedynczy z zabezpieczeniem

**Note:**

Format wiadomości SENT jest określany dla całego interfejsu SENT, a nie dla poszczególnych kanałów.

W EMU PRO komunikacja SENT może być wykorzystywana z następującymi czujnikami:

- Czujniki temperatury
- Czujniki ciśnienia
- Pozycja pedału przyspieszenia
- Pozycja przepustnicy

Identyfikacja formatu ramek SENT

Istnieją łatwe do rozpoznania różnice pomiędzy obsługiwanymi formatami ramek.

Kanał 1 zawsze zawiera dane, natomiast kanał 2 zachowuje się różnie w zależności od formatu:

Dual Sensor 12/12 bit:

- Kanał 1: dane
- Kanał 2: dane

Single Secure:

- Kanał 1: dane
- Kanał 2: licznik (0-255)
- 6-ty nibble MSN odwrócony

Single Sensor:

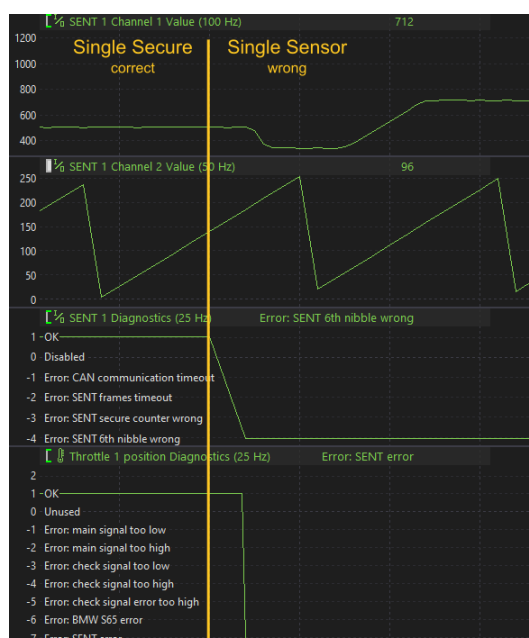
- Kanał 1: dane
- Kanał 2: licznik (0-255)
- 6-ty nibble 0x00

Do identyfikacji formatu ramki SENT przydatne są następujące kanały w EMU PRO:

- **SENT # Channel 1 Value**
- **SENT # Channel 2 Value**
- **SENT # Diagnostics**

Jeśli **SENT # Channel 2 Value** zawiera dane – ustaw *Format* na *Dual Sensor 12/12 bit*.

Jeśli **SENT # Channel 2 Value** zawiera licznik (widoczny jako sygnał trójkątny), ustaw *Format* na *Single Secure* i sprawdź kanał **SENT # Diagnostics**. Jeśli jego wartość to "Error: SENT 6th nibble wrong", zmień *Format* na *Single Sensor*.



Diagnostyka komunikacji SENT

Następujące kanały są pomocne przy diagnozowaniu komunikacji pomiędzy EMU PRO a GDI Driver:

Sent # Transmission errors counter – jego wartość zwiększa się przy wystąpieniu jednego z poniższych błędów:

- *SENT Frames Timeout*: ramki CAN są odbierane, ale wartość *heartbeat* nie rośnie
- *CAN Frames Timeout*: ramki CAN nie są odbierane
- *Secure Counter Jumps*: licznik zabezpieczony przekroczył dopuszczalny zakres
- *Heartbeat Jumps*: wartość *heartbeat* wzrosła poza oczekiwany limit
- *Uneven Increase*: licznik zabezpieczony i *heartbeat* nie zwiększają się równomiernie

Sent # Sync errors counter – zwiększa się, gdy odebrana ramka SENT ma niepoprawną strukturę.

Sent # CRC errors counter – zwiększa się, gdy odebrana ramka SENT zawiera błąd CRC lub sumy kontrolnej.

7. CAN Stream

Domyślna prędkość transmisji magistrali **CAN bus** dla urządzenia wynosi **1 Mbps**. Zastosowany format danych to **big-endian**.

Byte	Bit	Kanał	Typ danych	Zakres	Mnożnik/ Dzielnik	Współ- czynni	Przesu- -nięcie	Jedno- -stka
Output base ID+0 (default: 0x6F0)								
0	4 (0xF0)	Heartbeat	4-bit U	0 – 15	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Driver state ¹	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
1		Sensor voltage	8-bit U	3 – 6	3/255	0.012	3	V
2..3		Supply voltage	16-bit U	0 – 655.35	1/100	0.01	0	V
6		Board temp A	8-bit U	-40 – 215	1/1	1	-40	C
7		Board temp B	8-bit U	-40 – 215	1/1	1	-40	C
Output base ID+1 (default: 0x6F1)								
0..1		Boost voltage A	16-bit U	0 – 655.35	1/100	0.01	0	V
2..3		Boost voltage B	16-bit U	0 – 655.35	1/100	0.01	0	V
4	4 (0xF0)	Injector B error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Injector A error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
5	4 (0xF0)	Injector D error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Injector C error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
6	4 (0xF0)	Injector F error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Injector E error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
7	4 (0xF0)	Injector H error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Injector G error ²	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
Output base ID+2 (default: 0x6F2)								
0		Boost not achieved ³	8-bit U	bit field	1/1	1	0	
1		Peak not achieved ³	8-bit U	bit field	1/1	1	0	
2		Hold not achieved ³	8-bit U	bit field	1/1	1	0	
3		On time timeout ³	8-bit U	bit field	1/1	1	0	
4		Off time timeout ³	8-bit U	bit field	1/1	1	0	
5	3 (0x08)	Inj GH overlap	1-bit	bool	1/1	1	0	
5	2 (0x04)	Inj EF overlap	1-bit	bool	1/1	1	0	
5	1 (0x02)	Inj CD overlap	1-bit	bool	1/1	1	0	
5	0 (0x01)	Inj AB overlap	1-bit	bool	1/1	1	0	

Byte	Bit	Kanał	Typ danych	Zakres	Mnożnik/ Dzielnik	Współ- czynni	Przesu- -nięcie	Jedno- -stka
6	4 (0xF0)	Pump 2 error ⁴	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
	0 (0x0F)	Pump 1 error ⁴	4-bit U	enumeration	1/1	1	0	
7	7 (0x80)	P2: Off time timeout	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	6 (0x40)	P2: On time timeout	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	5 (0x20)	P2: Hold not achieved	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	4 (0x10)	P2: Peak not achieved	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	3 (0x08)	P1: Off time timeout	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	2 (0x04)	P1: On time timeout	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	1 (0x02)	P1: Hold not achieved	1-bit	bool	1/1	1	0	
7	0 (0x01)	P1: Peak not achieved	1-bit	bool	1/1	1	0	
Output base ID+3 (default: 0x6F3)								
0		Diag: Sync errors1	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
1		Diag: CRC errors1	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
2		Diag: Sync errors2	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
3		Diag: CRC errors2	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
4		Diag: Sync errors3	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
5		Diag: CRC errors3	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
6		Diag: Sync errors4	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
7		Diag: CRC errors4	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
Channel 1+2: CAN ID+0 (default: 0x004)								
0..3	20 (FFF00000)	Value A1	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
0..3	12 (0xFFFF000)	Value B1 ⁵	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
0..3	12 (0xFF000)	Secure counter1	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
0..3	8 (0xF00)	Inverted MSN of A1	4-bit U	0 – 15	1/1	1	0	
0..3	7 (0x80)	Diag: Data valid1 ⁶	1-bit	enumeration	1/1	1	0	
0..3	0 (0x7F)	Diag: Heartbeat1	7-bit U	0 – 127	1/1	1	0	
4..7	20 (FFF00000)	Value A2	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
4..7	12 (0xFFFF000)	Value B2 ⁶	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
4..7	12 (0xFF000)	Secure counter2	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
4..7	8 (0xF00)	Inverted MSN of A2	4-bit U	0 – 15	1/1	1	0	
4..7	7 (0x80)	Diag: Data valid2 ⁶	1-bit	enumeration	1/1	1	0	
4..7	0 (0x7F)	Diag: Heartbeat2	7-bit U	0 – 127	1/1	1	0	

Byte	Bit	Kanał	Typ danych	Zakres	Mnożnik/ Dzielnik	Współ- czynni	Przesu- -nięcie	Jedno- -stka
Channel 3+4: CAN ID+0 (default: 0x005)								
0..3	20 (FFF00000)	Value A3	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
0..3	12 (0xFFFF000)	Value B3 ⁵	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
0..3	12 (0xFF000)	Secure counter3	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
0..3	8 (0xF00)	Inverted MSN of A3	4-bit U	0 – 15	1/1	1	0	
0..3	7 (0x80)	Diag: Data valid1 ⁶	1-bit	enumeration	1/1	1	0	
0..3	0 (0x7F)	Diag: Heartbeat1	7-bit U	0 – 127	1/1	1	0	
4..7	20 (FFF00000)	Value A4	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
4..7	12 (0xFFFF000)	Value B4 ⁵	12-bit U	0.0 – 4095	1/1	1	0	
4..7	12 (0xFF000)	Secure counter4	8-bit U	0 – 255	1/1	1	0	
4..7	8 (0xF00)	Inverted MSN of A4	4-bit U	0 – 15	1/1	1	0	
4..7	7 (0x80)	Diag: Data valid4 ⁶	1-bit	enumeration	1/1	1	0	
4..7	0 (0x7F)	Diag: Heartbeat4	7-bit U	0 – 127	1/1	1	0	

¹Wartości dla kanału: **Driver state**

Value	Description
0	OK
1	Init error
2	Supply volt error
3	Board temp A error
4	Board temp B error
5	Boost volt A error
6	Boost volt B error
7	Injector error
8	Pump error
9..10	-
11	Injector warning
12	Pump warning
13	-
14	Sensor volt error

Value	Description
15	Unknown

²Wartości dla kanału: **Injector # state**

Value	Description
0	None
1	Open load
2	Shorted load
3	Out short to boost
4	Out short to supply
5	Out short to ground
6	Boost transistor open
7	Supply transistor open
8	Ground transistor open
9..14	-
15	Unknown

³**Injector warnings:** Każdy bit w bajcie odpowiada jednemu wyjściu wtryskiwacza. Bit 0 – ostrzeżenie dla wtryskiwacza A, Bit 1 – ostrzeżenie dla wtryskiwacza B i tak dalej dla kolejnych wtryskiwaczy. Wartość dziesiętna 51 odpowiada zapisowi binarnemu 0b00110011. Oznacza to, że ostrzeżenie zostało zapisane dla wtryskiwaczy A, B, E i F.

⁴Wartości dla kanału: **Pump # state**

Value	Description
0	None
1	Open load
2	Shorted load
3	Out short to supply
4	Out short to ground
5	Supply transistor open
6	Ground transistor open
7..14	-

Value	Description
15	Unknown

⁵Wartości dla tego kanału są przesyłane w formacie Little Nibble Endian

⁶Wartości dla kanału: **Diag: Data valid#**

Value	Description
0	NO
1	YES

8. Rozwiązywanie problemów

Ten rozdział zostanie rozszerzony w przyszłości.

9. Załącznik A – Komunikacja SENT

Nowoczesne silniki coraz częściej korzystają z protokołu komunikacji **SENT**, dlatego moduł **GDI** został wyposażony w obsługę tej technologii.

Dzięki integracji wsparcia SENT w **GDI Driver** możliwe jest efektywne przetwarzanie krytycznych danych z czujników, zapewniając priorytet i dokładność w zarządzaniu silnikiem.

SENT oznacza **Single Edge Nibble Transmission** i jest zdefiniowany w standardzie SAE J2716.

Kluczowe cechy:

- Wysoka rozdzielczość (12 bitów)
- 1 lub 2 wartości w jednej ramce
- Prędkość transmisji do 30 kbit/s
- Wymaga 3 przewodów: zasilanie 5V, masa i sygnał
- Zastępuje wyjścia analogowe i PWM
- Komunikacja jednokierunkowa – brak kolizji
- Dane kodowane są w zmiennym czasie między dwoma opadającymi krawędziami sygnału
- *Slow channel* - wolny kanał transmisji dla dodatkowych danych (na razie nieobsługiwany)

SENT zastępuje starsze metody analogowe i PWM, oferując lepszą dokładność i niezawodność. Protokół jest powszechnie stosowany w różnych czujnikach:

- Throttle position - pozycja przepustnicy
- Pedal position - pozycja pedału
- Mass air flow - przepływ masowy powietrza
- Pressure - ciśnienie
- Temperature - temperatura

Ramka SENT

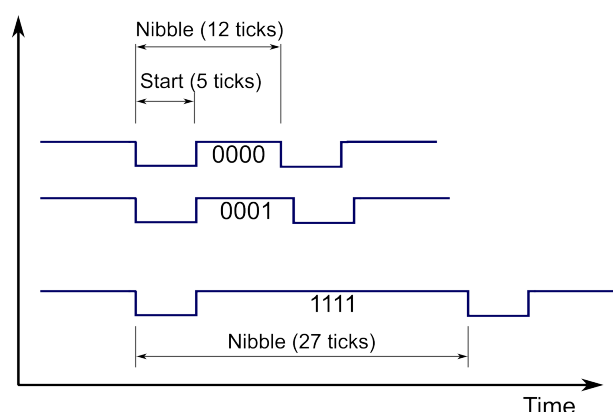
W komunikacji SENT każda jednostka danych, zwana nibble, koduje 4 bity i może mieć zmienną szerokość. Kluczowe dla odczytu informacji jest precyzyjne określenie odstępu czasowego między impulsami sygnału. Ta metoda zapewnia wysoką dokładność i minimalizuje błędy.

Tick - jednostka czasu dla SENT, od 3 μ s do 90 μ s

Nibble - pojedyncza jednostka danych o zmiennej szerokości, kodująca 4 bity

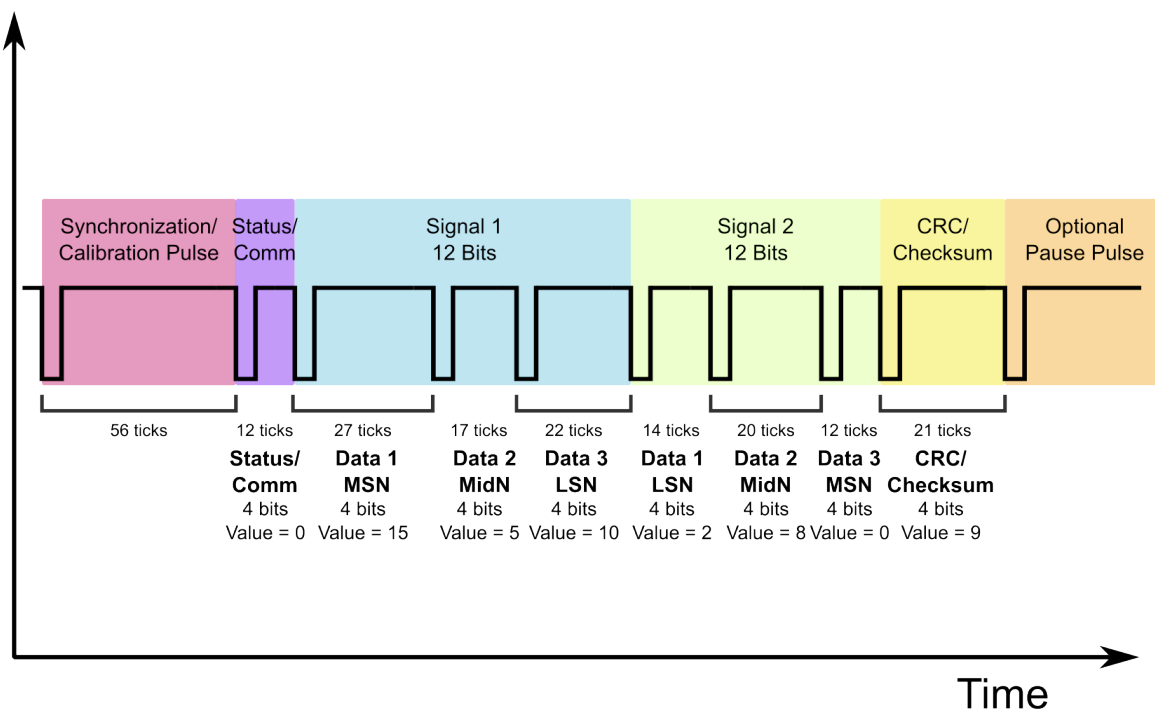
Sync pulse - nibble o stałej długości, 56 ticków

Podstawowe kodowanie SENT: Szerokość *nibble* w jednostkach *tick* = 12 ticków + (wartość dziesiętna 4-bitowych danych)

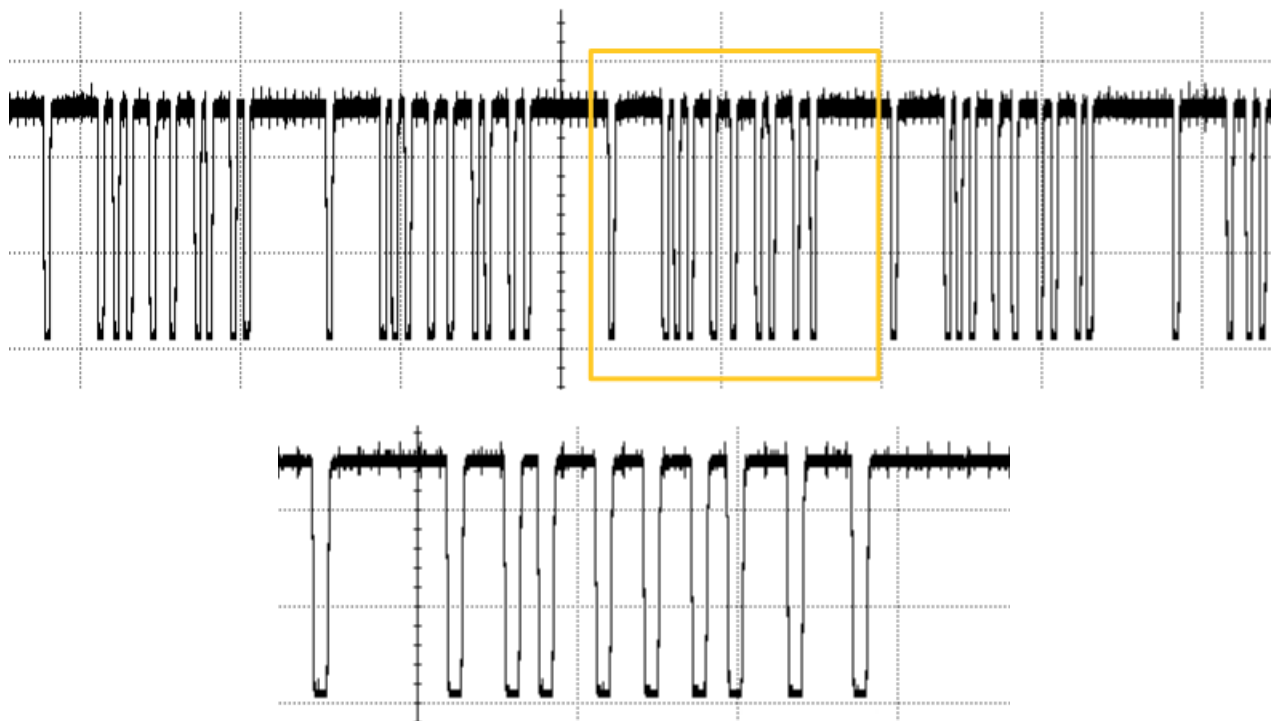


Podstawowa ramka SENT zawiera następujące nibble:

- **Synchronizacja (*Synchronization*)** - 56 ticków
- **Status** - 12 to 27 ticków
- **Sygnal *Signal 1*** - 3 nibble, każdy o szerokości od 12 do 27 ticków
- **Sygnal *Signal 2*** - 3 nibble, każdy o szerokości od 12 do 27 ticków
- **CRC** - od 12 do 27 ticków
- **Pause Pulse** - impuls o zmiennej długości między ramkami (opcjonalnie)



Wykres oscyloskopowy

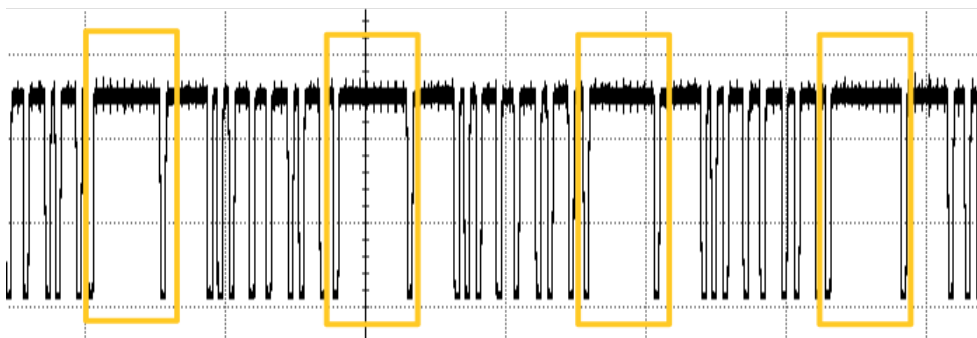


Powtarzająca się sekwencja:

- *sync pulse* o stałej szerokości
- seria 8 lub 9 impulsów o zmiennej szerokości
- *pause pulse* (opcjonalnie)

Pause pulse

Pause Pulse to opcjonalna przerwa między kolejnymi ramkami SENT, używana do wyrównania długości każdej ramki. Zapewnia prawidłowe odstępy czasowe między ramkami. Na oscyloskopie *Pause Pulse* można zidentyfikować w zaznaczonych fragmentach wykresu.



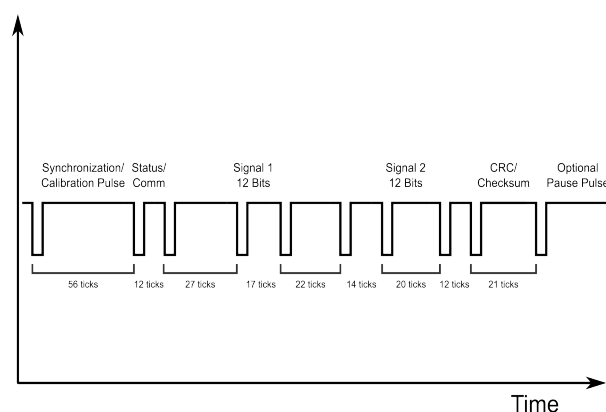
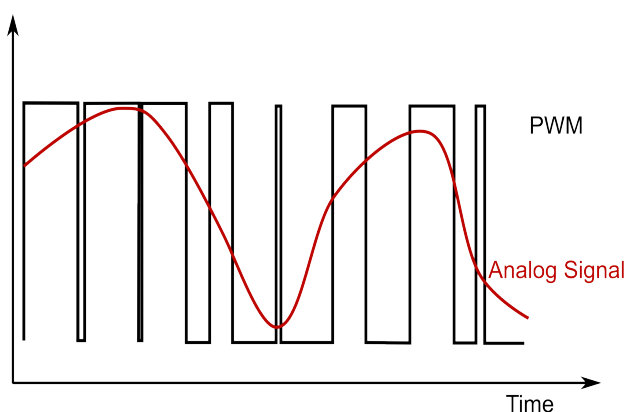
Analog vs PWM vs SENT

Analog, PWM (Pulse Width Modulation), and SENT (Single Edge Nibble Transmission) to trzy różne metody przesyłania sygnałów z czujników w motoryzacji.

Analogowe – przesyła informacje jako ciągłe poziomy napięcia. Proste, ale wrażliwe na zakłócenia i degradację sygnału.

PWM – przekazuje dane przez zmianę wypełnienia fali prostokątnej, zapewniając lepszą odporność na zakłócenia i dokładniejszą interpretację sygnału.

SENT – nowoczesny protokół, przesyła dane cyfrowo, używając odstępów czasowych między krawędziami sygnału, zapewniając wysoką dokładność i niezawodność, szczególnie w środowiskach o dużym hałasie.

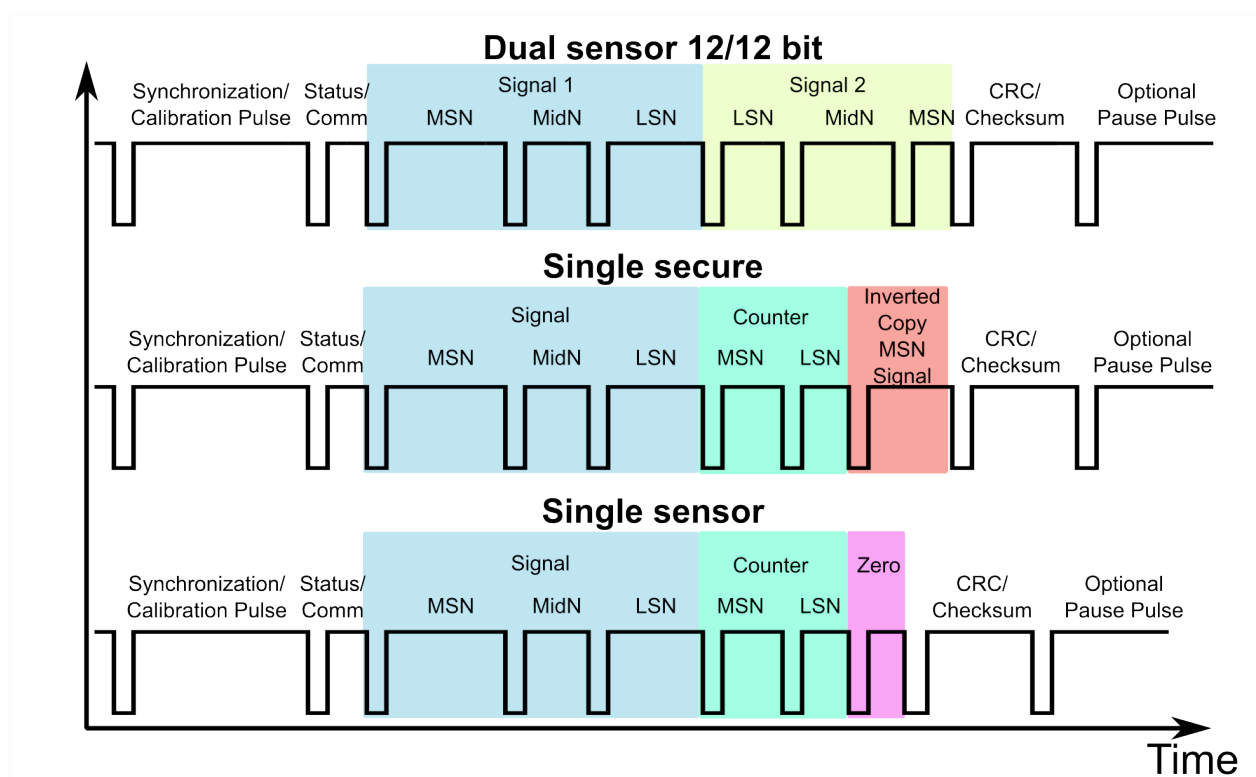


	Analog	PWM	SENT
Dokładność	pełna	średnia (~10-bit)	wysoka (12-bit)
Bezpieczeństwo	wrażliwe na zakłócenia	brak detekcji błędów	CRC + licznik (<i>single sensor</i>)
Liczba sygnałów	1	1	do 2 sygnałów + 1 <i>slow channel</i>
Wymagania	ADC	dekoder PWM	dekoder SENT

Formaty ramek SENT

Istnieją dwa główne formaty ramek SENT:

- Dual sensor 12/12 bit - zawiera dwie niezależne wartości z czujników
- Single secure / Single sensor - zawiera jedną wartość czujnika i licznik ramki zapewniający bezpieczeństwo

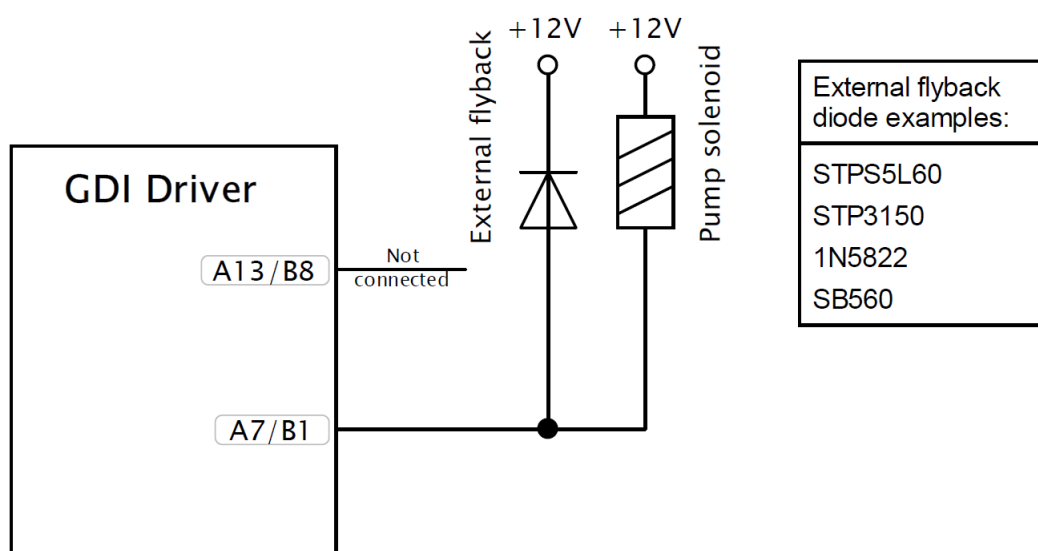


10. Załącznik B – Sterowanie pompą w trybie Low side

Pompa może być sterowana w trybie **Low side**.

W tej konfiguracji wymagane jest zastosowanie zewnętrznej diody flyback. Dioda chroni stopień wyjściowy przed przepięciami generowanymi przez indukcyjny charakter pompy podczas wyłączania. Bez diody takie przepięcia mogą uszkodzić GDI Driver.

Dla prawidłowego podłączenia należy odwołać się do schematu połączeń poniżej.



* *Not connected* – niepodłączone

External flyback diode examples – przykłady zewnętrznych diod flyback

Pump solenoid – cewka pompy

External flyback – zewnętrzna dioda flyback



Warning:

Używanie sterowania pompą w trybie *Low side* bez diody flyback może spowodować uszkodzenie GDI Driver.

11. Historia dokumentu

Wersja	Data	Zmiany
1.0	2025.11.13	Pierwsze wydanie