



Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne

OPTEL Sp. z o.o.

ul. Morelowskiego 30

PL-52-429 Wrocław

tel.: +48 (071) 329 68 54

fax.: +48 (071) 329 68 52

e-mail: optel@optel.pl

<http://www.optel.pl>

Wrocław

OPBOX ver 2.1

Miniaturowy Ultradźwiękowy system akwizycji danych
ze zintegrowanym nadajnikiem impulsów



Parametry i instrukcja obsługi działania urządzenia

Dotyczy sprzętu z oprogramowaniem: **Rev. 2.1.60**

Wersja dokumentu: 1v3

Data utworzenia: 2016-08-08

Spis treści

1. Parametry techniczne urządzenia.....	3
2. Lista komend i rejestrów kontrolnych urządzenia.....	5
3. Włączenie urządzenia.....	6
4. Wstęp do ustawień Akwizycji.....	7
4.1. Główne cechy akwizycji w trybie FIFO:.....	7
5. Definicje podstawowych elementów Akwizycji.....	7
5.1. Akwizycja (Acquisition).....	7
5.2. Okno Pomiarowe (Window).....	7
5.3. Akwizycja w bez zapisu Danych Pomiarowych.....	7
5.4. Nagłówek (Header).....	8
5.5. Ramka Akwizycji (Frame).....	8
5.6. Pakiet Akwizycji (Packet).....	8
5.7. Akwizycja w czasie rzeczywistym.....	8
6. Nagłówek Ramki Akwizycji.....	9
7. Konfiguracja i obsługa Akwizycji w czasie rzeczywistym.....	10
8. Uwagi do ustawień Akwizycji.....	11
8.1. Obliczanie maksymalnej długości Pakietu.....	11
8.2. Długość Pakietu a PRF.....	11
8.3. Zmiana nastaw Akwizycji.....	12
8.3.1. Zmiana nastawy długości Okna Pomiarowego (DEPTH).....	12
8.3.2. Zmiana nastawy długości Pakietu Akwizycji (PACKET_LEN).....	13
8.3.3. Zmiana pozostałych nastaw Akwizycji.....	13
8.4. Blokowanie wyzwolenia Akwizycji.....	13
8.5. Resetowanie bufora Akwizycji.....	14
8.6. Krzywa wzmocnienia (TGC).....	14
9. Obsługa modułów Peak Detectors.....	16
10. Obsługa modułów Enkoderów inkrementalnych.....	17

1. Parametry techniczne urządzenia

Parametry analogowe:	
Regulowane wzmocnienie toru pomiarowego:	-31dB do 65dB (krok 0.5dB)
Załączany stały wzmacniacz:	+24dB
Załączany tłumik wejściowy:	-20dB
Zakres napięć wejściowych:	$\pm 275\text{mV}$; $\pm 2.0\text{V}$ z tłumikiem -20dB.
Pasma pomiarowe:	0.5 MHz - 25 MHz (-3dB)
Zakresy przełączanych filtrów (-3dB):	0.5 - 6MHz, 0.5 - 10MHz, 0.5 - 15MHz, 0.5 - 25MHz, 1 - 6MHz, 1 - 10MHz, 1 - 15MHz, 1 - 25MHz, 2 - 6MHz, 2 - 10MHz, 2 - 15MHz, 2 - 25MHz, 4 - 6MHz, 4 - 10MHz, 4 - 15MHz, 4 - 25MHz.

Nadajnik impulsów:	
Zakres napięć wyjściowych:	0V - 360V (impuls dodatni);
Czas ładowania:	Regulowany od 0 do 3.1 μs z krokiem 0.1 μs ;
Czas zwarcia:	$\leq 20\text{ ns}$;
Długość impulsu:	Ekstremalnie krótki impuls z pasmem do ok. 50MHz.

Przetwornik A/D:	
Rozdzielczość:	10 bitów (8-bitów zapisywane);
Zakres napięć wejściowych:	$\pm 0.5\text{V}$;
Częstotliwości próbkowania (MHz):	100; 50; 33.3; 25; 20; 16.7; 14,3; 12,5; 11,1; 10; 9,1; 8,3; 7,7; 7,14 i 6,67;
Bufor danych:	1 - 262090 (256k) próbek;
Opóźnienie pomiaru:	0 - 65535 okresów próbkowania.

Sprzętowe przetwarzanie danych:	
Reprezentacja danych:	RF, Absolute;
Bramki pomiarowe:	3 Detektory szczytu; 3 Komparatory poziomu – tryby wykrywania przejścia: Level, Rising, Falling i Transition.

DAC (TGC) z generatorem przebiegów arbitralnych:	
Częstotliwość	100MHz;
Rozdzielczość	8 bitów;
Max. zmiana wzmocnienia	48dB na próbkę.

Wyzwalanie:	
Programowe	Przez oprogramowanie pomiarowe;
Wewnętrzne	Przez sprzętowy Timer programowalny;
Zewnętrzne	Przez 2 moduły enkoderów inkrementalnych; Przez 2 wejścia standardu TTL.

Moduły liczników dla Enkoderów inkrementalnych	
Liczba modułów	2 moduły z wejściami CHA, CHB i IDX;
Licznik pozycji	32-bit;
Funkcje specjalne	Programowalny tryby wejść: 1X, 2X, 4X; Programowalne wyzwolenie na pozycjach; Przechwytywanie pozycji przy wyzwoleniu.

Wejścia analogowe:	
Wejście PE (wyjście Nadajnika)	Typ BNC lub Lemo;
Wejście TT	Typ BNC lub Lemo.

Złącze kontrolne CONTROL:			
Typ:	DB15 żeńskie		
DB15 pin	Nazwa	Standard	Opis
1	GPO 0	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO0 lub wyjście synchronizacji SYNC_OUT
2	GPO 2	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO2
3	GND		Masa
4	GPI 1	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI1 lub wejście wyzwolenia EXT_Y lub wejście CHB dla modułu Enkodera ENC1
5	GPI 3	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI3 lub wejście CHA dla modułu Enkodera ENC2
6	GPO 5	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO 5
7	Reserved		Zarezerwowane
8	GPI 5	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI5 lub wejście IDX dla modułu Enkodera ENC2
9	GPO 1	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO1
10	GPO 3	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO3
11	GPI 0	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI0 lub wejście wyzwolenia EXT_X lub wejście CHA dla modułu Enkodera ENC1
12	GPI 2	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI2 lub wejście IDX dla modułu Enkodera ENC1
13	GPO 4	TTL 5V	Wyjście cyfrowe GPO4
14	GND		Masa
15	GPI 5	TTL/LVTTL	Wejście cyfrowe GPI4 lub wejście CHB dla modułu Enkodera ENC2

Interfejs USB:	
Typ gniazda:	Gniazdo typu USB B
Standard interfejsu:	USB-2.0 High Speed (480Mbps)
Identyfikator producenta (Vendor ID):	0x0547
Identyfikator produktu (Produkt ID):	0x1003
Wersja urządzenia:	2.1 (0x0201)
Zasilanie:	Z interfejsu (Bus powered) <500mA
Klasa urządzenia USB:	Vendor
Dostępne Endpointy:	
Endpoint 0 (Rejestry sterujące)	Kierunek: IN/OUT, Typ: Control, Pakiety: max. 64Bajty;
Endpoint 2 (Zapis krzywych TGC)	Kierunek: OUT, Typ: Bulk, Pakiety: max.512Bajty;
Endpoint 6 (Odczyt Danych Pomiarowych)	Kierunek: IN, Typ: Bulk, Pakiety: max. 512Bajty.

2. Lista komend i rejestrów kontrolnych urządzenia

Urządzenie OPBOX-2.1 jest sterowane przez interfejs USB-2.0 z wykorzystaniem Komend Bezpośrednich oraz zestawu Rejestrów Kontrolnych. Szczegółowe informacje o Komendach Bezpośrednich i Rejestrach Kontrolnych można znaleźć w osobnym dokumencie.

Lista Komend Bezpośrednich:		
Nr	Nazwa	Adres żądania (Vendor Request)
1	OPBOX_SN	(0xD0)
2	RESET	(0xD1)
3	RESET_FIFO	(0xD2)
4	DIRECT_SW_TRIG	(0xD3)
5	DIRECT_ACK	(0xD4)
6	DIRECT_DATA_READY	(0xD5)
7	PULSE_AMPLITUDE	(0xD6)
8	USB_MODE	(0xD7)

Lista Rejestrów Kontrolnych:					
Nr	Nazwa	Adres rejestru	Nr	Nazwa	Adres rejestru
1	DEV_REV	0x00	33	PDB_START_L	0x40
2	POWER_CTRL	0x02	34	PDB_START_H	0x42
3	PACKET_LEN	0x04	35	PDB_STOP_L	0x44
4	FRAME_IDX	0x06	36	PDB_STOP_H	0x46
5	FRAME_CNT	0x08	37	PDB_REF_VAL	0x48
6	CAPT_REG	0x0A	38	PDB_REF_POS_L	0x4A
7	GP_INPUTS	0x0C	39	PDB_REF_POS_H	0x4C
8	GP_OUTPUTS	0x0E	40	PDB_MAX_VAL	0x4E
9	TRIGGER	0x10	41	PDB_MAX_POS_L	0x50
10	TRG_OVERRUN	0x12	42	PDB_MAX_POS_H	0x52
11	XY_DIVIDER	0x14	43	PDC_START_L	0x54
12	TIMER	0x16	44	PDC_START_H	0x56
13	TIMER_CAPT	0x18	45	PDC_STOP_L	0x58
14	ANALOG_CTRL	0x1A	46	PDC_STOP_H	0x5A
15	PULSER_TIME	0x1C	47	PDC_REF_VAL	0x5C
16	BURST	0x1E	48	PDC_REF_POS_L	0x5E
17	MEASURE	0x20	49	PDC_REF_POS_H	0x60
18	DELAY	0x22	50	PDC_MAX_VAL	0x62
19	DEPTH_L	0x24	51	PDC_MAX_POS_L	0x64
20	DEPTH_H	0x26	52	PDC_MAX_POS_H	0x66
21	CONST_GAIN	0x28	53	ENC1_CTRL	0x68
22	PEAKDET_CTRL	0x2A	54	ENC1_POS_L	0x6A
23	PDA_START_L	0x2C	55	ENC1_POS_H	0x6C
24	PDA_START_H	0x2E	56	ENC1_CAPT_L	0x6E
25	PDA_STOP_L	0x30	57	ENC1_CAPT_H	0x70
26	PDA_STOP_H	0x32	58	ENC1_FILTER	0x72
27	PDA_REF_VAL	0x34	59	ENC2_CTRL	0x74
28	PDA_REF_POS_L	0x36	60	ENC2_POS_L	0x76
29	PDA_REF_POS_H	0x38	61	ENC2_POS_H	0x78
30	PDA_MAX_VAL	0x3A	62	ENC2_CAPT_L	0x7A
31	PDA_MAX_POS_L	0x3C	63	ENC2_CAPT_H	0x7C
32	PDA_MAX_POS_H	0x3E	64	ENC2_FILTER	0x7E

3. Włączenie urządzenia

OPBOX-2.1 jest zasilane z interfejsu USB i musi być zgodne z specyfikacją zasilania standardu USB2.0. Standard USB2.0 nakłada na urządzenia zasilane z portu USB pewne ograniczenia i wymagania dotyczące zasilania (prąd rozruchowy, maksymalny pobierany prąd/moc itp). W celu zapewnienia zgodności ze standardem USB2.0 urządzenie OPBOX-2.1 posiada trzy niezależnie włączane gałęzie zasilania (Część Analogowa, Część Zasilania 12V oraz Część Przetworników ADC/DAC). Każda gałąź posiada niezależne sygnały włączania i sygnalizowania awarii.

Po podłączeniu urządzenia do portu USB komputera wszystkie trzy gałęzie zasilania są wyłączone i działa jedynie część cyfrowa odpowiedzialna za komunikację. Przed przystąpieniem do pracy urządzenia (wyzwalanie Akwizycji) Aplikacja użytkownika musi włączyć zasilanie wyłączonych gałęzi zasilania.

Sekwencja włączenia zasilania urządzenia:

1. Ustawienie bitu [0] „Power Enable” w rejestrze POWER_CTRL;
2. Sprawdzanie bitu [4] „Power OK” w rej. POWER_CTRL aż odczyt da wartość '1'.

Jeśli flaga „Power OK” jest ustawiona urządzenie jest gotowe do pracy.

W każdym momencie użytkownik może sprawdzić flagi statusowe gałęzi zasilania: „ANALOG PWR Status”, „DC12V Status” oraz „VREG Status” w rejestrze POWER_CTRL.

Wyłączenie gałęzi analogowej urządzenia powoduje utratę ustawień przetworników DAC dlatego po każdej sekwencji włączania zasilania konieczne jest wykonanie aktualizacji niektórych nastaw urządzenia:

1. Nastawa regulacji Amplitudy Nadajnika - PULSE_AMPLITUDE (Komenda: (0xD6));
2. Nastawa wzmocnienia – rejestr CONST_GAIN (Adres: 0x28).

Jeśli urządzenie nie może prawidłowo włączyć zasilania (flaga „Power OK” nie ustawia się przez czas kilku sekund) należy sprawdzić:

1. Sprawdzić, czy kabel USB nie jest uszkodzony, słabej jakości lub za długi;
2. Wymienić kabel na krótszy i/lub lepszej jakości i sprawdzić ponownie;
3. Odłączyć gniazdo DB15 jeśli jest używane i sprawdzić ponownie;
4. Sprawdzić urządzenie podłączając do innego komputera.

W trakcie wykonywania Akwizycji urządzenie automatycznie blokuje przyjęcie wyzwolenia pomiaru, jeśli którakolwiek z flag statusowych zasilania zgłasza awarię. W przypadku utrzymującego się dłużej niż ok 100ms dużego spadku napięcia zasilania z USB urządzenie automatycznie wykonuje restart sekwencji zasilania odłączając wszystkie gałęzie zasilania i włączając je ponownie. W tym czasie wszystkie wyzwolenia Akwizycji są blokowane.

W Nagłówku każdej Akwizycji zapisywany jest bajt statusowy TriggerOverrunSource (bajt numer 8), w którym zapisane są informacje o źródle straconych wyzwoleń od ostatnio wykonanej do bieżącej Akwizycji. Jeśli w tym czasie jedno lub więcej wyzwoleń nie mogło zostać przyjęte z powodu awarii/przeciążenia zasilania flaga „TrgOvrScr_P” będzie ustawiona w stanie '1'.

4. Wstęp do ustawień Akwizycji

System akwizycji danych pomiarowych w OPBOX-2.1 (firmware rev. 2.1.60) został zaprojektowany pod kątem wykonywania akwizycji w czasie rzeczywistym z szybkością powtarzania pomiarów (PRF) dochodzącą do 10000 pomiarów na sekundę. System wykorzystuje technikę buforowania wielu akwizycji w wewnętrznej pamięci urządzenia i udostępniania całego pakietu akwizycji do odczytu przez aplikację. Technika ta pozwala osiągnąć dużą wypadkową przepustowość odbierania danych pomiarowych z urządzenia dla różnych rozmiarów Okna Pomiarowego i ogranicza do minimum konieczność częstej komunikacji z urządzeniem na poziomie funkcji kontrolnych (zapytania, potwierdzenia, odczyt wyników Bramek Pomiarowych, pozycji Enkoderów itp).

4.1. Główne cechy akwizycji w trybie FIFO:

- pozwala wykonywać akwizycje w czasie rzeczywistym aż do zapełnienia bufora bez konieczności odczytu danych, co umożliwia osiągnięcie dużej szybkości powtarzania pomiarów (PRF);
- duży sprzętowy bufor FIFO (256kB) zapewnia stabilność PRF i pozwala uniezależnić się od chwilowych spadków przepustowości danych na łączu USB;
- kontroler systemu zapewnia priorytet wyzwolenia akwizycji przerywając trwający odczyt danych na czas wykonania pomiaru, po czym odczyt jest kontynuowany;
- każda akwizycja tworzy w pamięci ramkę danych, której pierwsze 54 bajty to Nagłówek a pozostała część to właściwe próbki sygnału analogowego z przetwornika ADC;
- Nagłówek zawiera aktualne informacje danej akwizycji takie jak: indeks akwizycji, pozycje Enkoderów w momencie wyzwolenia, wyniki sprzętowych detektorów szczytu i przejścia sygnału przez poziom itp.;
- ustawienia mechanizmu akwizycji pozwalają elastycznie dostosować buforowanie akwizycji do aktualnych potrzeb aplikacji i możliwości sprzętowych komputera w celu osiągnięcia żądanej szybkości powtarzania pomiarów w czasie rzeczywistym;
- tryb akwizycji bez zapisu danych pomiarowych („Store Disabled”) a jedynie Nagłówek z wynikami Peak Detector'ów, pozycją Enkoderów itp zwiększający szybkość działania.

5. Definicje podstawowych elementów Akwizycji

Opis akwizycji w trybie FIFO wymaga zdefiniowania kilku podstawowych elementów i założeń. Ich opis znajduje się poniżej.

5.1. Akwizycja (Acquisition)

Jest to pojedyncza sekwencja pomiarowa składająca się kolejno z: sekwencji nadawania, odliczeniu czasu opóźnienia po nadawaniu, właściwego czasu akwizycji danych (Okno Pomiarowe) i sekwencji tworzenia Nagłówka (rejstry i wyniki akwizycji). Ustawienia Akwizycji obejmują m. in. częst. próbkowania, czas opóźnienia po nadawaniu, rozmiar Okna Pomiarowego, wybór wejścia analogowego, tłumienia wejściowego, filtrów analogowych itp.

5.2. Okno Pomiarowe (Window)

Okno Pomiarowe określa ilość próbek sygnału analogowego z przetwornika ADC (Danych Pomiarowych) zapisywanych do pamięci w czasie jednej Akwizycji. Ilość Danych Pomiarowych określa parametr DEPTH (rejstry DEPTH_L i DEPTH_H). DEPTH może wynosić od 1 do 262090 próbek.

5.3. Akwizycja w bez zapisu Danych Pomiarowych (StoreDisabled)

Jest to Akwizycja w trybie „StoreDisabled” (włączany bitem [9] storeDisable w rejestrze MEASURE), w którym to trybie w trakcie Akwizycji dane z przetwornika ADC nie są zapisywane do pamięci urządzenia. W pamięci zapisany zostaje jedynie Nagłówek Akwizycji. Tryb może być wykorzystywany do przyspieszenia szybkości powtarzania pomiarów (mniej danych do odczytu) wtedy, kiedy Dane Pomiarowe nie są potrzebne (np wykorzystuje się jedynie wyniki skonfigurowanych wcześniej Peak Detector'ów).

5.4. Nagłówek (Header)

Nagłówek to zawsze 54 bajty (stała `HEADER_SIZE`), w których zapisane są informacje na temat każdej Akwizycji. Nagłówek zawiera m. in. index Akwizycji oraz informacje przechwycone w momencie wyzwolenia: pozycje Enkoderów, stan linii GPI, stan sprzętowego licznika czasu `TIMER` oraz wyniki sprzętowych bramek pomiarowych (`PeakDetectors`). Format Nagłówka został opisany w punkcie 6.

5.5. Ramka Akwizycji (Frame)

Ramka Akwizycji (w skrócie Ramka) to ciąg danych zawierający dane z jednej Akwizycji. Ramka tworzona jest po każdym wyzwoleniu Akwizycji i składa się kolejno z Nagłówka i Danych Pomiarowych. Ilość bajtów w Ramce jest sumą długości Nagłówka i ilości Danych Pomiarowych - $FRAME_SIZE [B] = HEADER_SIZE [B] + DEPTH [samples]$.

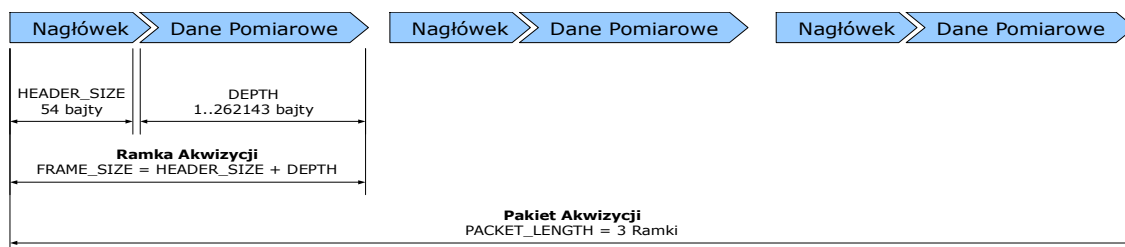
5.6. Pakiet Akwizycji (Packet)

Pakiet Akwizycji (w skrócie Pakiet) jest to ustawiona ilość Akwizycji jaką urządzenie buforuje w wewnętrznym buforze zanim ustawi flagę gotowości danych do odebrania (flaga `PACKET_READY`). Ilość Akwizycji w Pakiecie określa rejestr/parametr `PACKET_LENGTH`. Maksymalna wartość parametru zależy od ilości Danych Pomiarowych w Akwizycji. Ustawienie parametru `PACKET_LENGTH = 1` oznacza pracę bez buforowania i urządzenie udostępnia dane pomiarowe do odczytu po każdej Akwizycji.

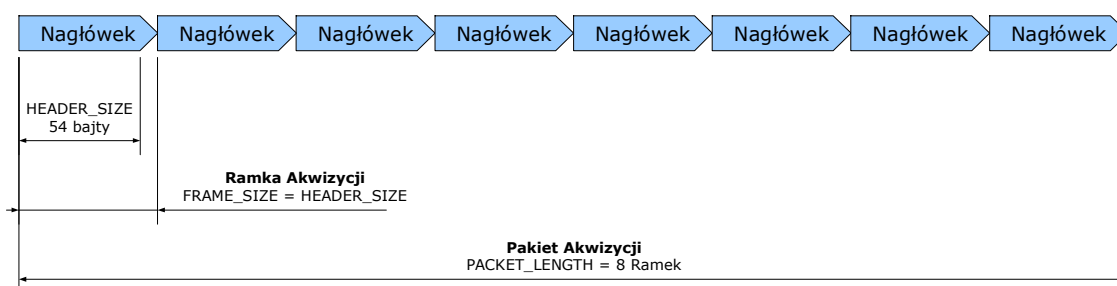
5.7. Akwizycja w czasie rzeczywistym

Użyte w tym dokumencie określenia „Akwizycja w czasie rzeczywistym” należy rozumieć jako wykonywanie w sposób ciągły serii Akwizycji bez zmiany ustawień urządzenia najczęściej wyzwalane sygnałami zewnętrznymi zmieniającymi się w czasie rzeczywistym poza kontrolą aplikacji sterującej (wyzwalanie sprzętowym `TIMER`'em, pozycją Enkoderów itp).

Zdefiniowane powyżej elementy ilustruje poniższy rysunek.



Rys. 5.1: Organizacja danych w Ramki i Pakiety



Rys. 5.2: Organizacja danych w Ramki i Pakiety w trybie „StoreDisabled”

6. Nagłówek Ramki Akwizycji

Nagłówek Akwizycji składa się z 54 bajtów, które szczegółowo opisuje poniższa tabela:

Numer bajtu	Nazwa	Adres rejestru	[Zakres] / (wartość)	Opis
1	Start of Frame	---	'@' (0x40)	Znak początku Ramki/Nagłówka – znak ASCII „@”
2	FrameIdx	0x06	[7:0]	Bieżąca wartość licznika ramek - 16-bitowy licznik z automatycznym zerowaniem przy przepełnieniu
3			[15:8]	
4	TimeStamp	0x18	[7:0]	Rejestr TimeStamp – wartość rejestru TIMER przechwycona przy wyzwoleniu
5			[15:8]	
6	TriggerOverrun	0x12	[7:0]	Rejestr TriggerOverrun – liczba straconych wyzwoleń od ostatniej akwizycji (licznik 16-bitowy)
7			[15:8]	
8	TriggerOverrunSource	0x0A	[3:0]	Flagi źródeł straconych wyzwoleń od ostatniej akwizycji
9	GPI Captured		[5:0]	Stan linii GPI[5:0] przechwycony przy wyzwoleniu
10	Encoder 1 Position	0x6E	[7:0]	Pozycja Enkodera 1 przechwycona przy wyzwoleniu
11			[15:8]	
12		0x70	[23:16]	
13			[31:24]	
14	Encoder 2 Position	0x7A	[7:0]	Pozycja Enkodera 2 przechwycona przy wyzwoleniu
15			[15:8]	
16		0x7C	[23:16]	
17			[31:24]	
18	Peak Detectors Status	0x2A	[7:0]	Rejestr statusowy detektorów „PeakDetectors”
19			(0x00)	- zarezerwowane
20	PDA RefPos	0x36	[7:0]	Bramka PDA – wynik pozycji przejścia przez poziom
21			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
22		0x38	[23:16]	
23			(0x00)	- zarezerwowane
24	PDA MaxVal	0x3A	[7:0]	Bramka PDA – wartość maksymalna sygnału w bramce
25			(0x00)	- zarezerwowane
26	PDA MaxPos	0x3C	[7:0]	Bramka PDA – pozycja wartości maksymalnej
27			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
28		0x3E	[23:16]	
29			(0x00)	- zarezerwowane
30	PDB RefPos	0x4A	[7:0]	Bramka PDB – wynik pozycji przejścia przez poziom
31			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
32		0x4C	[23:16]	
33			(0x00)	- zarezerwowane
34	PDB MaxVal	0x4E	[7:0]	Bramka PDB – wartość maksymalna sygnału w bramce
35			(0x00)	- zarezerwowane
36	PDB MaxPos	0x50	[7:0]	Bramka PDB – pozycja wartości maksymalnej
37			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
38		0x52	[17:16]	
39			(0x00)	- zarezerwowane
40	PDC RefPos	0x5E	[7:0]	Bramka PDC – wynik pozycji przejścia przez poziom
41			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
42		0x60	[17:16]	
43			(0x00)	- zarezerwowane
44	PDC MaxVal	0x62	[7:0]	Bramka PDC – wartość maksymalna sygnału w bramce
45			(0x00)	- zarezerwowane
46	PDC MaxPos	0x64	[7:0]	Bramka PDC – pozycja wartości maksymalnej
47			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
48		0x66	[17:16]	
49			(0x00)	- zarezerwowane
50	DataCount	0x24	[7:0]	Liczba Danych Pomiarowych (parametr DEPTH)
51			[15:8]	- bity użyteczne [17:0]
52		0x26	[17:16]	
53			(0x00)	- zarezerwowane
54	End of Header	---	'/' (0x2F)	Znak końca Nagłówka – znak ASCII „/”
55	Sample 1		[7:0]	Pierwsza próbka pomiarowa
56	Sample 2		[7:0]	Druża próbka pomiarowa
	[...]			
54+ (Cnt-1)	Sample [DataCount-1]		[7:0]	
54+Cnt	Sample [DataCount]		[7:0]	Ostatnia próbka pomiarowa

7. Konfiguracja i obsługa Akwizycji w czasie rzeczywistym

Przygotowanie i obsługa akwizycji w czasie rzeczywistym powinno przebiegać według poniższego schematu:

1. Zatrzymanie bieżącej akwizycji poprzez globalne zablokowanie źródeł wyzwalania (bit TriggerEnable w rejestrze TRIGGER).
2. Ustawienie parametrów Akwizycji:
 - konfiguracja Nadajnika – czas i poziom nadawania (rejestry PULSE_TIME i PULSE_AMPLITUDE);
 - konfiguracja toru analogowego – wybór wejścia, tłumika wejściowego, filtrów dolno- i górnoprzepustowego, wzmocnienia (rejestry ANALOG_CTRL, MEASURE, CONST_GAIN);
 - konfiguracja parametrów akwizycji sygnału – opóźnienie akwizycji (DELAY), częstotliwości próbkowania (MEASURE), rozmiar Okna Pomiarowego (DEPTH) oraz ilość Ramek do buforowania (PACKET_LENGTH);
 - konfiguracja innych modułów w zależności od potrzeb – ustawienie bramek pomiarowych PDA, PDB, PDC, ustawienie modułów Enkoderów ENC1 i ENC2 itp;
 - konfiguracja źródła wyzwalania (TRIGGER) – wybór źródła wyzwalania (rejestr TRIGGER), konfiguracja bloku użytego do wyzwalania (TIMER, XY_DIVIDER, Enkodery).
3. Odblokowanie wyzwalania (bit globalnego blokowania wyzwalania TriggerEnable w rejestrze TRIGGER) – urządzenie jest gotowe do Akwizycji i oczekuje na wyzwolenie.
4. Odbiór danych z Akwizycji
 - urządzenie ustawi flagę PACKET_READY po wykonaniu ustawionej ilości Akwizycji (PACKET_LENGTH), przed tym momentem próba odczytu danych z urządzenia zakończy się niepowodzeniem (błąd odczytu, timeout);
 - czas trwania wykonania wszystkich Akwizycji zależy głównie od wybranego źródła wyzwalania i rozmiaru Okna Pomiarowego;
 - aktualną liczbę wykonanych i zapisanych w buforze Akwizycji można sprawdzić odczytując rejestr (FRAME_CNT)
 - jeśli są dostępne (PACKET_READY=1), można odczytać cały Pakiet Akwizycji;
 - ilość bajtów danych do odczytu wynika z ustawionych parametrów Akwizycji:
$$\text{PACKET_SIZE} = (\text{HEADER_SIZE} + \text{DEPTH}) * \text{PACKET_LENGTH} \text{ [bajtów];}$$lub w trybie bez zapisu Danych Pomiarowych (StoreDisabled):
$$\text{PACKET_SIZE} = \text{HEADER_SIZE} * \text{PACKET_LENGTH} \text{ [bajtów];}$$
 - po odebraniu danych nie ma konieczności wysyłania potwierdzenia odbioru, urządzenie automatycznie zwalnia pamięć wysłanego właśnie Pakietu;
5. Zatrzymanie akwizycji – odbiór pozostałych Ramek

Po zatrzymaniu akwizycji w czasie rzeczywistym (zablokowanie źródła wyzwalania) może wystąpić sytuacja, że w buforze urządzenia znajduje się jeszcze pewna liczba zapisanych Akwizycji. W takiej sytuacji można zignorować pozostałe Ramki poprzez zresetowanie kontrolera pamięci, co jest możliwe na kilka sposobów:

 - wysłanie do urządzenia komendy FIFO_RESET;
 - zmiana długości Okna Pomiarowego (zapis do rejestru DEPTH);
 - **zwiększenie** długości Pakietu (zapis do PACKET_LEN wartości większej niż bieżąca, zapis mniejszej wartości nie powoduje resetu – szczegóły poniżej).

Żeby odebrać pozostałe Ramki z pamięci procedura postępowania powinna być taka:

 - zablokowanie wyzwalania Akwizycji (rejestr TRIGGER);

- odbieranie całych Pakietów jak dotychczas do momentu, kiedy odczyt flagi PACKET_READY da wartość zero;
- w buforze urządzenia może znajdować się jeszcze niepełny Pakiet Akwizycji (mniej niż PACKET_LEN), ilość pozostałych Ramek należy odczytać z rejestru FRAME_CNT;
- jeśli FRAME_CNT = 0 to znaczy, że wszystkie Ramki zostały odebrane i odczyt Ramek został prawidłowo zakończony;
- jeśli FRAME_CNT jest różny od zera (np N) to należy zmienić nastawę PACKET_LEN na dokładnie taką ilość Ramek jaka pozostała w buforze urządzenia (zapis wartości N do rejestru PACKET_LEN). Tylko w takiej sytuacji zmiana nastawy PACKET_LEN na mniejszą niż bieżąca nie resetuje bufora Ramek w urządzeniu. Po zmianie nastawy urządzenie udostępni N Ramek do odczytu zmieniając stan flagi PACKET_READY na '1';
- w celu potwierdzenia można sprawdzić flagę PACKET_READY i jeśli jest ona równa '1' można odczytać nowy Pakiet Akwizycji (N Ramek);
- po odczycie Pakietu o nowej długości sekwencja Akwizycji została zakończona prawidłowym odczytaniem wszystkich Akwizycji. W celu przygotowania do następnych sekwencji akwizycji można z powrotem ustawić długość Pakietu na poprzednio używaną wartość.

8. Uwagi do ustawień Akwizycji

8.1. Obliczanie maksymalnej długości Pakietu

Sprzętowy bufor Akwizycji umożliwia zapisanie maksymalnie 256kB danych/próbek (dokładnie 262144 próbek). Maksymalna wartość długości Pakietu (PACKET_LEN), czyli ilości pełnych Ramek jakie urządzenie może zbuforować w wewnętrznej pamięci, zależy od ustawionej długości Okna Pomiarowego (DEPTH) i można ją wyznaczyć z zależności:

$$\begin{aligned}\text{PACKET_LEN_MAX} &= \text{CZĘŚĆ_CAŁKOWITA}[262144 / \text{FRAME_SIZE}] = \\ &= \text{CZĘŚĆ_CAŁKOWITA}[262144 / (\text{DEPTH} + 54)]\end{aligned}$$

W trybie bez zapisu Danych Pomiarowych (StoreDisabled):

$$\text{PACKET_LEN_MAX} = \text{CZĘŚĆ_CAŁKOWITA}[262144 / \text{HEADER_SIZE}] = \mathbf{4854}$$

Przykład:

Dla Okna Pomiarowego 10us @ 100MHz (DEPTH = 1000 próbek):

$$\text{PACKET_LEN_MAX} = \text{CZ.CAŁK}[262144 / (1000+54)] \approx \text{CZ.CAŁK}[248,71] = \mathbf{248}$$

8.2. Długość Pakietu a PRF

Wybór optymalnej wartości nastawy PACKET_LEN zależy kilku czynników:

- wymaganej szybkości powtarzania pomiarów (PRF);
- wymaganej płynności odbierania danych pomiarowych z kolejnych Akwizycji;
- czasu trwania Akwizycji (zależy od DEPTH i DELAY);
- parametrów komputera PC (zasobów pamięci RAM, procesora, typu Hosta USB);
- obciążenia magistrali USB (ilości jednocześnie podłączonych urządzeń USB);
- i innych (system operacyjny, biblioteki DLL).

Czynniki wpływające na zmniejszanie wypadkowej przepustowości odczytu danych pomiarowych z urządzenia to:

- częste wywoływanie funkcji kontrolnych (w tym sprawdzającej flagę PACKET_READY);
- wykonywanie dużej ilości odczytów relatywnie małych pakietów danych;
- nieoptymalna konstrukcja pętli sprawdzania PACKET_READY.

Dodatkowo, interfejs USB nie zapewnia stałego pasma łącza na transfery typu Bulk, jakich używa urządzenie OPBOX, ale gwarantuje prawidłowe dostarczenie wszystkich danych (potwierdzenia, sumy kontrolne). Na transfery typu Bulk Host USB przeznacza jedynie nie wykorzystany przez inne typy transferów czas na łączu, przez co w trakcie Akwizycji w czasie rzeczywistym mogą występować chwilowe spadki przepustowości odczytu.

Aby osiągnąć dużą przepustowość odczytu danych pomiarowych z urządzenia należy dążyć do zwiększenia długości Pakietu, co pozwala zmniejszyć ilość wywołań funkcji sprawdzania dostępności danych (PACKET_READY) oraz wykonywać odczyty większych ilości danych jednorazowo.

Osiągalna praktycznie przepustowość odczytu z trybie Akwizycji w czasie rzeczywistym sięga ok 10...15 MB/s. Wartość ta może być wykorzystana do przybliżonego wyznaczenia maksymalnej szybkości powtarzania pomiarów (PRF) jaką praktycznie można osiągnąć w zależności od wybranej długości Okna Pomiarowego (DEPTH) dzieląc np wartość 10MB/s (10485760 B/s) przez długość Ramki (HEADER_SIZE+DEPTH).

Praktyczne pomiary przepustowości pokazały, że przepustowość odczytu gwałtownie rośnie przy zwiększaniu rozmiaru Pakietu do około 8kB osiągając przepustowość na poziomie 8MB/s. Dalsze nawet duże zwiększanie rozmiaru Pakietu daje już tylko nieznaczne zwiększanie maksymalnej osiąganego przepustowości odczytu. Rozmiar Pakietu na poziomie 8kB może być wstępnie założony jako kompromis pomiędzy przepustowością i płynnością odczytywania danych.

8.3. Zmiana nastaw Akwizycji

Przy zmianach nastaw Akwizycji należy mieć zawsze na uwadze fakt, że w buforze urządzenia może znajdować się jeszcze pewna ilość Akwizycji wykonanych na dotychczasowych nastawach. Po zmianie nastaw w takiej sytuacji Akwizycje wg nowych nastaw zostaną odebrane dopiero po odczytaniu poprzednich, co może powodować błędy analizy pomiarów w aplikacji, efekt opóźnienia reakcji itp. O ile przy zmianach takich parametrów jak filtry, wzmocnienie, opóźnienie mogą powodować chwilowe opóźnienie reakcji na zmianę, o tyle zmiana parametrów długości Okna Pomiarowego (DEPTH) i długości Pakietu (PACKET_LENGTH) mogło by prowadzić do błędów odczytu danych (odczyt innej długości Ramki/Pakietu niż zapisana w buforze). Z tego powodu kontroler pamięci w urządzeniu OPBOX-2.1 automatycznie wykrywa i reaguje na takie sytuacje, by nie dopuścić do błędów odczytu przy zmianach krytycznych nastaw. Poniżej opisane jest szczegółowe zachowanie zarządzania OPBOX-2.1 przy zmianach nastaw DEPTH i PACKET_LENGTH.

8.3.1. Zmiana nastawy długości Okna Pomiarowego (DEPTH)

Zmiana nastawy DEPTH pociąga za sobą konieczność wyznaczenia na nowo parametrów buforowania Akwizycji (parametry PACKET_LEN_MAX, ułożenie Ramek w stosunku do pamięci krzywej wzmocnienia TGC itp). Zmiana parametru DEPTH automatycznie zmienia też długość Pakietów. **Z tego powodu każda zmiana długości Okna Pomiarowego (zapis do rejestru DEPTH) powoduje automatyczne zresetowanie bufora Akwizycji.** Wszystkie znajdujące się w buforze Akwizycje zostają usunięte.

W celu uniknięcia utraty zapisanych w buforze Akwizycji zaleca się zmianę nastawy DEPTH wg poniższego schematu:

1. Zatrzymanie akwizycji poprzez zablokowanie wyzwiania (np wykorzystując bit „Trigger Enable” w rejestrze TRIGGER);
2. Odebranie wszystkich zbuforowanych Ramek z urządzenia do momentu kiedy odczyt flagi PACKET_READY = 0 (brak pełnych Pakietów w buforze);
3. Sprawdzenie czy w buforze znajdują się niepełne Pakiety Akwizycji (odczyt rejestru FRAME_CNT);
4. Jeśli FRAME_CNT jest różny od zera, to należy ustawić długość Pakietu na wartość odczytaną z FRAME_CNT;

5. Odczytanie ostatniego niepełnego Pakietu Akwizycji;
6. Zmiana nastawy DEPTH na docelową wartość (w tym miejscu można zmienić także inne parametry Akwizycji jeśli istnieje taka konieczność, w tym zmienioną wcześniej długość Pakietu Akwizycji);
7. Odblokowanie wyzwalania (rejestr TRIGGER).

Przy zapisie nowej nastawy do rejestrów DEPTH urządzenie automatycznie sprawdza czy nowa długość Pakietu nie przekracza wielkości sprzętowego bufora (256kB). Nowa długość Pakietu jest wyznaczana na podstawie nowej nastawy DEPTH i bieżącej nastawy PACKET_LEN. Jeżeli wartość ta przekracza 256kB urządzenie **automatycznie zmienia nastawę PACKET_LEN** na wartość (PACKET_LEN_MAX) - maksymalną możliwą z nową nastawą DEPTH.

8.3.2. Zmiana nastawy długości Pakietu Akwizycji (PACKET_LEN)

Zmiana długości Pakietu Akwizycji, podobnie jak zmiana parametru DEPTH, wymaga aktualizacji wielu parametrów buforowania, dlatego też **zmiana parametru PACKET_LEN powoduje zresetowanie bufora Akwizycji**. Jedynym wyjątkiem kiedy bufor nie jest resetowany to sytuacja, kiedy spełnione są dwa warunki:

- w buforze znajduje się niepełny Pakiet Akwizycji (flaga PACKET_READY jest wyzerowana i w buforze jest zapisanych mniej niż PACKET_LEN Ramek);
- nowa wartość parametru PACKET_LEN jest **mniejsza** niż aktualna.

Jeżeli którykolwiek z powyższych warunków nie jest spełniony to zmiana parametru PACKET_LEN powoduje automatyczne zresetowanie bufora w urządzeniu.

Powyższy wyjątek jest wykorzystywany do zatrzymywania Akwizycji w czasie rzeczywistym z odbieraniem wszystkich zapisanych w buforze Akwizycji.

Przy zapisie do rejestru PACKET_LEN urządzenie automatycznie sprawdza wartość nastawy. Jeżeli zapisywana wartość nastawy wynosi zero, urządzenie zmienia nastawę na minimalną możliwą (PACKET_LEN=1). Jeżeli zapisywana wartość nastawy jest większa niż maksymalna możliwa z aktualną wartością nastawy DEPTH, to urządzenie automatycznie ogranicza nastawę PACKET_LEN do wartości PACKET_LEN_MAX.

8.3.3. Zmiana pozostałych nastaw Akwizycji

Zmiana innych nastaw niż opisane powyżej (np kanału wejściowego, filtrów, wzmacnienia itp) można przeprowadzać bez konieczności zatrzymywania Akwizycji, jednak może to powodować „opóźnienia reakcji na zmianę” wynikające z faktu, że w buforze urządzenia może znajdować się wiele Akwizycji wykonanych na poprzednich ustawieniach, które będą odczytywane jako pierwsze po zmianie nastaw. Jeżeli takie zachowanie nie będzie powodować błędnego działania algorytmów analizy danych pomiarowych, zmianę parametrów Akwizycji można dokonywać „w locie” bez konieczności zatrzymywania Akwizycji w czasie rzeczywistym.

8.4. Blokowanie wyzwoleń Akwizycji

Urządzenie OPBOX może nie wykonać akwizycji mimo sygnału wyzwoleń w następujących sytuacjach:

- a) aktualnie trwa Akwizycja

W tej sytuacji nowa Akwizycja nie zostanie rozpoczęta a impuls wyzwalania zostanie zliczony przez moduł licznika straconych wyzwoleń (TrgOverrun) oraz zostanie ustawiony bit TrgOvrScr_A w rejestrze CAPT_REG). Wartość tego licznika jest zapisywana do Nagłówka danej Akwizycji bezpośrednio po jej zakończeniu i przez to wartość tego licznika odczytana z Nagłówka danej Akwizycji przedstawia liczbę wyzwoleń jakie nie zostały stracone od zakończenia poprzedniej Akwizycji do zakończenia bieżącej Akwizycji;

b) częstotliwość impulsów wyzwalających przekracza 10kHz (impulsy częściej niż co 100us)

Urządzenie OPBOX-2.1 posiada wewnętrzny układ ograniczający maksymalną szybkość powtarzania Akwizycji do częstotliwości 10kHz (wyzwolenia co min 100us). Impulsy wyzwalające pojawiające się wcześniej niż 100us od rozpoczęcia poprzedniej Akwizycji są ignorowane a ich ilość zlicza moduł TrgOverrun oraz ustawiony zostanie bit TrgOvrScr_H w rejestrze CAPT_REG);

c) pamięć wewnętrznego bufora urządzenia jest zapełniona

Jeśli w buforze nie ma miejsca na zapis kolejnej Ramki Akwizycji wszystkie impulsy wyzwalające są zliczane przez licznik TrgOverrun oraz zostanie ustawiony bit TrgOvrScr_F w rejestrze CAPT_REG). Rejestry te zostaną zapisywane do Nagłówka po zakończeniu następnej wykonanej Akwizycji (po zwolnieniu miejsca w buforze);

d) w momencie wyzwolenia układ kontroli zasilania zgłasza błąd zasilania

Urządzenie OPBOX-2.1 posiada układ kontroli obwodów zasilających w celu spełnienia ograniczeń wynikających ze specyfikacji interfejsu USB-2.0 oraz w celu zabezpieczenia urządzenia na wypadek przeciążenia. Rejestr POWER_CTRL zawiera opis flag statusowych modułu zasilania. Jeżeli w momencie wyzwolenia którakolwiek z flag statusowych modułu kontroli zasilania wskazuje na błąd, Akwizycja nie jest wyzwalana a impuls wyzwolenia jest zliczony przez licznik TrgOverrun oraz zostanie ustawiony bit TrgOvrScr_P w rejestrze CAPT_REG). Zapobiega to wykonaniu Akwizycji z potencjalnie błędnymi lub niestabilnymi ustawieniami (np. poziom ładowania).

Po odebraniu Ramki można sprawdzić w Nagłówku liczbę straconych triggerów od wyzwolenia poprzedniej do wyzwolenia bieżącej Akwizycji oraz przyczynę zdarzenia (rejestr CAPT_REG). Każda z flag TrgOvrScr_A, TrgOvrScr_H, TrgOvrScr_F oraz TrgOvrScr_P w rejestrze CAPT_REG informuje o tym, czy wystąpiło przynajmniej jedno wyzwolenie, które zostało pominięte z konkretnej przyczyny. Flagi te mogą być pomocne w szybkiej diagnozie problemów z działaniem urządzenia, szybkością pomiarów itp. Możliwe jest ustawienie więcej niż jednej flagi. Przyczyny stracenia wyzwolenia mogą się nakładać, np jeśli kolejne wyzwolenie pojawi się w trakcie trwania Akwizycji i jednocześnie wcześniej niż 100us od jej rozpoczęcia to jednocześnie ustawione będą flagi TrgOvrScr_A oraz TrgOvrScr_H.

8.5. Resetowanie bufora Akwizycji

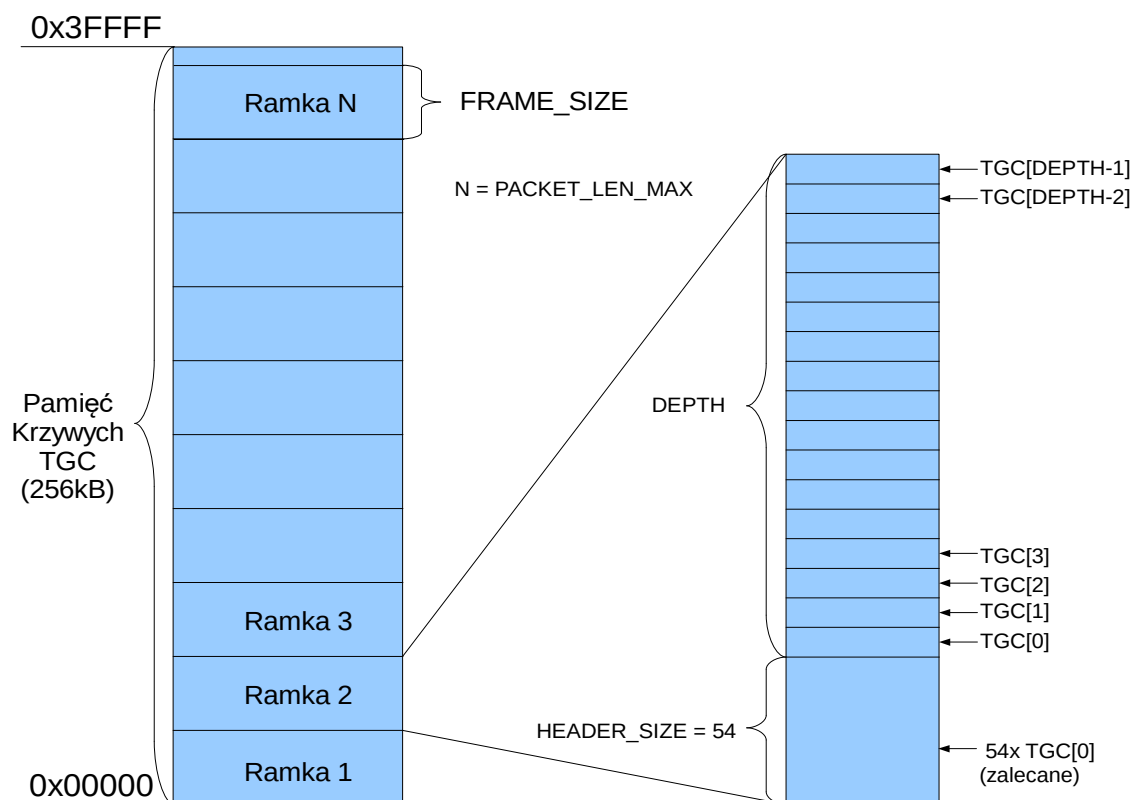
W każdej chwili bufor Akwizycji w urządzeniu może zostać zresetowany za pomocą komendy **DIRECT_RESET_FIFO** (0xD2). Komenda ta powoduje usunięcie z bufora wszystkich zapisanych Akwizycji. **Zresetowanie bufora Akwizycji nie resetuje ustawień Akwizycji!** Parametry takie jak PACKET_LENGTH, DEPTH pozostają niezmienione. Resetowanie wszystkich nastaw jest możliwe przez użycie komendy globalnego resetu urządzenia (komenda DIRECT_RESET (0xD1)). Globalny reset urządzenia resetuje też bufor Akwizycji.

8.6. Krzywa wzmocnienia (TGC)

Konfiguracja urządzenia do pracy z generowaniem dowolnej Krzywej Wzmocnienia TGC w trakcie Akwizycji w trybie FIFO wymaga odpowiedniego przygotowania Tablicy krzywych TGC o wielkości równej rozmiarowi bufora krzywych wzmocnienia (pamięci TGC), który jest równy rozmiarowi bufora Akwizycji (256kB).

Tablica krzywych TGC musi zawierać PACKET_LEN_MAX kopii pojedynczej Krzywej Wzmocnienia o długości DEPTH bajtów, które muszą być rozłożone w całej Tablicy Krzywych co FRAME_SIZE bajtów i przesunięte o HEADER_SIZE=54 bajty w stosunku do początku każdej Ramki. Pierwsze 54 bajty powinny zostać zapisane pierwszą wartością wzmocnienia z krzywej TGC.

Szczegółowy opis przygotowania Tablicy Krzywych wzmocnienia TGC przedstawia poniższy rysunek:



Rys. 8.1: Organizacja kopii Krzywych Wzmocnienia w Tablicy krzywych

Wysyłanie tablicy krzywych wzmocnienia do urządzenia powinno zawsze obejmować transfer pełnej tablicy 256kB danych do zapisania całego bufora na krzywe wzmocnienia. Częściowy zapis bufora krzywych TGC może powodować błędne działanie wzmocnienia w czasie niektórych Akwizycji i problemy z następnymi zapisami do pamięci krzywych (przesunięcia sprzętowego wskaźnika zapisu danych itp). W razie konieczności można wykonać reset kontrolera zapisu krzywych komendami FIFO_RESET (0xD2) lub RESET (0xD1).

Błędnie przygotowana tablica krzywych powoduje błędne działanie Akwizycji, gdzie każda Akwizycja może zostać wykonana z inną (nieprawidłową bądź przesuniętą w czasie) krzywą wzmocnienia niż poprzednia Akwizycja.

Na czas wysyłania Tablicy Krzywych do urządzenia należy zablokować wyzwalanie Akwizycji. Zalecane jest użycie w tym celu globalnego blokowania wyzwalania poprzez wyzerowanie bitu [4] Trigger Enable w rejestrze TRIGGER (adres: 0x10) w schematu:

- zablokowanie wyzwalania (wyzerowanie bitu „Trigger Enable” w rejestrze TRIGGER);
- wysłanie Tablicy Krzywych (256kB) do urządzenia;
- odblokowanie wyzwalania.

Nie zablokowanie wyzwalania na czas transferu Tablicy Krzywych TGC może powodować wyzwolenie Akwizycji w czasie zapisu do Pamięci TGC urządzenia i spowodować błędy w zapisie Danych Pomiarowych Akwizycji.

9. Obsługa modułów Peak Detectors

Urządzenie OPBOX-2.1 posiada trzy sprzętowe moduły detektorów szczytu i przejścia przez poziom – bramki PDA, PDB i PDC.

Parametry modułów:

- niezależne trzy bramki z detektorem szczytu i komparatorem przejścia sygnału przez poziom;
- konfigurowalne miejsce startu i stopu działania każdej z bramek;
- konfigurowalny poziom komparatora przejścia sygnału;
- konfigurowalny tryb działania komparatora – tryby: „Level”, „Rising”, „Falling” oraz „Transition”;
- informacja o pozycji przejścia sygnału przez ustawiony poziom;
- informacja o pozycji i poziomie wartości maksymalnej sygnału w bramce.

Bramki PDA, PDB i PDC należy skonfigurować:

- uaktywnić bramkę ustawiając bit „PDx enable” w rejestrze PEAKDET_CTRL;
- ustawić żądany tryb działania Komparatora – bity „PDx_mode”
- zapisać pozycję Start i Stop Bramek – rejestry PDx_START_L (_H) i PDx_STOP_L (_H);
- zapisać poziom zadziałania Komparatora – rejestr PDx_REF_VAL.

Komparator bramek pomiarowych może być skonfigurowany w pracy w jednym z czterech trybów:

1. Tryb „Level” - wykrywanie poziomu sygnału - pierwsza próbka sygnału wyższa lub równa wartości PDx_REF_VAL powoduje zadziałanie Komparatora i zapisanie pozycji tej próbki w rejestrze PDx_REF_POS_L (oraz _H);
2. Tryb „Rising” - wykrywanie zbocza narastającego - pierwsze zdarzenie kiedy jedna próbka sygnału jest mniejsza niż PDx_REF_VAL a następna próbka jest większa lub równa poziomowi powoduje zadziałanie Komparatora i zapisanie pozycji drugiej próbki;
3. Tryb „Falling” - wykrywanie zbocza opadającego - pierwsze zdarzenie kiedy jedna próbka sygnału jest większa lub równa PDx_REF_VAL a następna próbka jest mniejsza niż poziom powoduje zadziałanie Komparatora i zapisanie pozycji drugiej próbki;
4. Tryb „Transition” - wykrywanie przejścia przez poziom – pierwsze zdarzenie „Rising” lub „Falling” powoduje zadziałanie Komparatora i zapisanie pozycji drugiej próbki;

Po skonfigurowaniu i odblokowaniu bramki działają równolegle z każdą Akwizycją analizując dane z przetwornika ADC po sprzętowym przetwarzaniu (reprezentacja RF lub Absolute). Po zakończeniu Akwizycji wyniki działania każdej z bramek są zapisywane razem z Danymi Pomiarowymi w Nagłówku Akwizycji. Po zakończeniu każdej Akwizycji wyniki bramek są automatycznie resetowane i przygotowane do następnej Akwizycji.

Bramki pomiarowe PDA, PDB i PDC działają również w trybie bez zapisu Danych Pomiarowych do pamięci (tryb „Store disabled”).

10. Obsługa modułów Enkoderów inkrementalnych

Urządzenie OPBOX-2.1 posiada dwa moduły liczników ENC1 i ENC2 do niezależnej obsługi dwóch enkoderów inkrementalnych posiadających kwadraturowe wejścia CHA i CHB oraz wejście znacznika IDX.

Parametry modułów:

- dwa niezależnie działające liczniki pozycji;
- konfigurowalne tryby pracy obsługujące jedno lub wszystkie wejścia enkodera;
- duży zakres licznika pozycji – 32-bity;
- funkcja przechwytywania licznika pozycji w momencie wyzwolenia Akwizycji;
- funkcja wyzwalać Akwizycji na określonych pozycjach;
- zapis liczników pozycji w Nagłówkach każdej Akwizycji

Konfiguracja modułu enkodera:

1. Odłącz kabel USB od urządzenia;
2. Podłącz enkoder przez złącze CONTROL urządzenia wg tabeli poniżej;
3. Podłącz kabel USB do urządzenia;
4. Podłącz zasilanie Enkodera (zewnętrzne);
5. Ustaw bity konfiguracyjne modułu: tryb pracy, negację, filtr wejść w rejestrze ENC_x_CTRL wybranego modułu enkodera;
6. Ustaw bit [0] „Encoder X Enable” w rejestrze ENC_x_CTRL;

Każdy moduł Enkodera ma możliwość generowania wyzwolenia Akwizycji na określonych pozycjach. Więcej informacji w opisie rejestrów kontrolnych urządzenia.

Moduły ENC1 i ENC2 posiadają konfigurowalne cyfrowe filtry przeciwwzakłóceń. Użytkownik musi uwzględnić ustawienia filtrów do spodziewanych częstotliwości zmian sygnałów na wyjściach Enkoderów.

Moduły Enkoderów ENC1 oraz ENC2 wykorzystują wejścia cyfrowe GPI[5:0]. Wszystkie wejścia obsługują standard 5V TTL i posiadają rezystory 10kOm równoległe do masy urządzenia. Użytkownik musi zapewnić zgodność wyjść użytego Enkodera do standardu wejść urządzenie OPBOX-2.1.

Lista wejść dla modułów Enkoderów:

Nazwa	Enkoder 1 (ENC1)	Enkoder 2 (ENC2)
CHA	GPI0 (pin 11)	GPI3 (pin 5)
CHB	GPI1 (pin 4)	GPI4 (pin 15)
IDX	GPI2 (pin 12)	GPI5 (pin 8)