

SPIS TREŚCI

Od autora	x
Wykaz oznaczeń.....	xii
Wykaz najważniejszych skrótów.....	xvii
1. Wprowadzenie do eksperymentów przy akceleratorach przeciwbieżnych	1
1.1. Cele badawcze FWE	2
1.2. Akceleratory cząstek przeciwbieżnych	5
1.2.1. Akceleracja trwałych cząstek naładowanych	6
1.2.1.1. Przyspieszająca wnęka rezonansowa	7
1.2.1.2. Formowanie pakietów cząstek	9
1.2.1.3. Energia w środku masy zderzenia.....	11
1.2.2. Efektywność zderzeń dla akceleratorów przeciwbieżnych	14
1.2.2.1. Ogniskowanie wiązki akceleratorowej	14
1.2.2.2. Optymalizacja świetlności akceleratorów przeciwbieżnych.....	15
1.2.3. Rozwiązania technologiczne budowy akceleratorów	16
1.2.3.1. Akceleratory liniowe	16
1.2.3.2. Akceleratory kołowe.....	17
1.2.3.3. Współczesne kompleksy akceleratorów wysokoenergetycznych	19
1.3. Eksperymenty na wiązkach przeciwbieżnych.....	21
1.3.1. Procesy detekcji cząstek.....	21
1.3.2. Pomiary parametrów cząstek w detektorach	25
1.3.2.1. Pomiar trajektorii	25
1.3.2.2. Pomiar pędu.....	27
1.3.2.3. Pomiar energii.....	29
1.3.2.4. Pomiar prędkości	31
1.3.3. Ogólna struktura spektrometrów	32
2. Zarys systemów elektronicznych w eksperymentach FWE	39
2.1. Krótki rys historyczny.....	39
2.2. Rola elektroniki w procesie badawczym.....	41

2.3. Podział funkcjonalny systemów.....	42
2.3.1. Grupa systemów detektora	43
2.3.1.1. System detekcyjny	45
2.3.1.2. System trygerowania i akwizycji danych (TRIDAQ).....	52
2.3.1.2.1. Standaryzacja	53
2.3.1.2.2. Przetwarzanie potokowe.....	57
2.3.1.2.3. Akwizycja danych	64
2.3.1.3. System sterowania detektorem	67
2.3.2. Grupa systemów globalnych	70
2.3.2.1. Globalny system trygerowania i akwizycji danych	71
2.3.2.2. Globalny system sterowania eksperymentem	80
2.4. Wybrane aspekty projektowania, budowy i eksploatacji systemów TRIDAQ	81
2.4.1. Wybrane rozwiązania technologiczne	81
2.4.1.1. Standaryzacja modułowa	81
2.4.1.2. Specjalizowane układy elektroniczne	90
2.4.1.3. Układy programowalne FPGA	91
2.4.1.4. Transmisja optoelektroniczna	94
2.4.2. Proces projektowania i budowy systemów elektronicznych	95
2.4.3. Implementacja systemów TRIDAQ w układach FPGA	98
2.4.3.1. Adaptacja koncentratora systemu TRIDAQ do technologii FPGA	99
2.4.3.2. Zarządzanie systemem TRIDAQ z wykorzystaniem układu FPGA.....	100
2.4.3.3. Proces projektowania systemu TRIDAQ w technologii FPGA	101
2.4.4. Zagadnienie projektowania i eksploatacji systemów TRIDAQ w kontekście wymogów diagnostycznych.....	101
3. Modelowanie systemu TRIDAQ	104
3.1. Strumień synchroniczny.....	105
3.1.1. Synchronizacja strumieni	107
3.1.1.1. Synchronizacja bezwzględna	108
3.1.1.2. Wybrane funkcje synchronizacji.....	108
3.2. Proces synchroniczny.....	111
3.2.1. Wybrane procesy funkcjonalne	112
3.2.1.1. Standaryzacja za pomocą strumienia synchronicznego	113
3.2.1.2. Synchroniczna dystrybucja strumienia	114
3.2.1.3. Derandomizacja synchroniczna z trygerem eksperymentu	116
3.2.1.4. Koncentracja strumieni przypadków	117

3.2.2. Wybrane procesy diagnostyczne	119
3.2.2.1. Moduły symulacyjne	120
3.2.2.1.1. Generator impulsów testowych.....	120
3.2.2.1.2. Sekwencer testowy.....	121
3.2.2.2. Moduły nadążne.....	122
3.2.2.2.1. Kondycjonowanie strumienia danych.....	123
3.2.2.2.2. Ocena jakości procesu.....	124
3.2.2.3. Moduły selektywne.....	125
3.2.2.3.1. Akwizycja danych typu „flash”	125
3.2.2.3.2. Wielotrygerowa akwizycja danych strumienia	126
3.2.2.4. Moduły statystyczne	129
3.2.2.4.1. Zliczanie flag strumienia binarnego.....	129
3.2.2.4.2. Pomiar rozkładu wartości danych strumienia	131
3.2.2.5. Parametryzacja modułów diagnostycznych.....	132
3.2.3. Przykłady implementacji sparаметryzowanych procesów synchronicznych w układach FPGA.....	133
3.2.3.1. Wieloprzewodowa potokowa transmisja synchroniczna	133
3.2.3.1.1. Weryfikacja odbioru z wykorzystaniem strumienia testowego.....	137
3.2.3.1.2. Synchronizacja jednobitowego strumienia danych.....	138
3.2.3.1.3. Synchronizacja wielobitowego strumienia danych.....	144
3.2.3.2. Generator strumienia testowego	146
3.2.3.3. Akwizycja strumienia synchronicznego	148
3.2.3.4. Rejestracja rozkładu wartości danych numerycznych	150
3.2.3.5. Zliczanie flag dla strumienia wielobitowego	152
3.3. Metodyka integracji warstwy diagnostycznej z procesem synchronicznym.....	154
3.3.1. Metoda projektowania warstwy diagnostycznej dla procesu synchronicznego ...	155
3.3.2. Model zunifikowanej struktury węzła	156
3.3.3. Tryby pracy ZSW	158
3.3.3.1. Normalny tryb pracy.....	158
3.3.3.2. Testowy tryb pracy	158
3.3.3.3. Emulacyjny tryb pracy.....	159
3.3.4. Wybrane konfiguracje ZSW.....	159
3.3.4.1. Konfiguracja bez warstwy diagnostycznej	160
3.3.4.2. Konfiguracja z blokami monitoringu.....	160
3.3.4.3. Konfiguracja z blokiem obsługi wyjątków	160
3.3.5. Systematyzacja etapów projektowania.....	161
3.3.5.1. Etap modelowania	161

3.3.5.2. Etap projektowania	162
3.3.5.3. Etap realizacji	162
3.3.5.4. Etap eksploatacji.....	163
4. Przykłady rozwiązań systemów TRIDAQ dla eksperymentów FWE	164
4.1. Wielofunkcyjny system TRIDAQ Kalorymetru Pomocniczego w eksperymencie ZEUS przy akceleratorze HERA	166
4.1.1. Eksperyment ZEUS przy akceleratorze HERA.....	166
4.1.2. Budowa Kalorymetru Pomocniczego.....	170
4.1.2.1. Komora proporcjonalna detektora BAC	171
4.1.2.2. Procesy pomiarowe w detektorze BAC	171
4.1.3. Budowa systemu TRIDAQ detektora BAC	173
4.1.3.1. Odczyt energetyczny	177
4.1.3.2. Odczyt pozycyjny	178
4.1.3.3. Tryger detektora BAC	181
4.1.3.3.1. Wyznaczenie lokalnego maksimum energetycznego wieży	182
4.1.3.3.2. Tryger mionowy dla wieży drutowej.....	183
4.1.3.3.3. Tryger cząstkowy na poziomie obszaru detektora BAC.....	184
4.1.3.3.4. Wypracowanie decyzji trygera detektora BAC.....	186
4.1.3.3.5. Implementacja trygera BAC na bazie modelu ZSW.....	188
4.1.3.4. Sterowanie akwizycją danych.....	190
4.1.3.4.1. Sterowanie procesem akwizycji danych detektora BAC	190
4.1.3.4.2. Sterowanie naborem danych energetycznych	193
4.1.3.4.3. Sterowanie naborem danych pozycyjnych	194
4.1.3.5. Diagnostyka systemu TRIDAQ	194
4.2. Jednorodny system TRIDAQ detektora RPC w eksperymencie CMS przy akceleratorze LHC	199
4.2.1. Spektrometr Compact Muon Solenoid	200
4.2.2. Detektor Resistive Plate Chamber.....	203
4.2.3. Szybki algorytm wyznaczania pędu poprzecznego mionu	206
4.2.4. System TRIDAQ detektora RPC.....	209
4.2.4.1. Elektronika Front-End komory RPC.....	211
4.2.4.2. Moduł synchronizatora	212
4.2.4.3. Synchroniczna kompresja i dekompresja danych	215
4.2.4.4. Sortowanie hierarchiczne z redukcją kandydatyr wtórnych	218
4.2.4.5. Akwizycja danych	222

4.2.4.6. Budowa systemu TRIDQA detektora RPC.....	223
4.2.4.7. Diagnostyka automatycznej synchronizacji strumieni.....	225
4.2.4.8. Diagnostyka procesów trygera mionowego RPC	227
4.3. System TRIDQA dla wielodektorowego trygera mionowego OMTF w ekspery- encie CMS przy akceleratorze LHC	232
4.3.1. Modernizacja Systemu Trygera Mionowego	233
4.3.2. Algorytm trygera mionowego OMTF	235
4.3.3. Budowa systemu TRIDQA trygera mionowego OMTF	237
4.3.4. Implementacja warstwy diagnostycznej dla trygera mionowego OMTF na bazie modułów ZSW	238
5. Inne zastosowania systemów TRIDQA	240
5.1. System sterowania LLRF dla akceleratora liniowego w laserze na swobodnych elektronach FLASH	242
5.1.1. Budowa lasera na swobodnych elektronach FLASH	243
5.1.2. Podstawowe procesy stabilizacji pola EM we wnękach nadprzewodzących typu TESLA.....	248
5.1.2.1. Realizacja szybkich procesów podczas sterowania klitronem	251
5.1.2.2. Realizacja procesu adaptacyjnego oraz monitoringu jakości stabili- zacji pola wnęki	253
5.1.3. System stabilizacji pola EM we wnękach typu TESLA	254
5.1.3.1. Moduł symulatora wnęki	256
5.1.3.2. Moduł sterownika wnęk zasilanych pojedynczym klitronem	259
5.1.3.3. Wielokanałowe moduły przełączające.....	260
5.1.3.4. Warstwa przetwarzania sygnałów analogowych	263
5.1.3.5. Moduł akwizycji i generowania sygnałów.....	264
5.1.3.6. Warstwa zarządzania systemem	265
5.1.3.7. Wybrane wersje eksploatacyjne systemu SIMCON	266
5.1.4. Model systemu SIMCON na bazie modułów ZSW	269
5.1.5. Przykłady wykorzystania modułów diagnostycznych ZSW	270
5.2. Diagnostyka transportu zanieczyszczeń w plazmie dla tokamaka JET.....	273
5.2.1. Proces kontrolowanej syntezy jądrowej	274
5.2.2. Tokamak Joint European Torus (JET)	278
5.2.2.1. Budowa tokamaka JET	278
5.2.2.2. Proces kontrolowanej syntezy jądrowej.....	280
5.2.2.3. Diagnostyka plazmy tokamakowej.....	281

5.2.3. System TRIDAQ do szybkiej diagnostyki spektralnej zanieczyszczeń plazmy tokamakowej.....	286
5.2.3.1. Budowa stanowiska spektroskopii rentgenowskiej KX1	286
5.2.3.2. Etap detekcji miękkiego promieniowania X.....	290
5.2.3.3. Etap przetwarzania analogowego	292
5.2.3.4. Etap szybkiego przetwarzania cyfrowego	294
5.2.3.4.1. Blok trygera kanału pomiarowego	296
5.2.3.4.2. Blok wyznaczania ładunku pojedynczego sygnału.....	297
5.2.3.4.3. Blok wyznaczania ładunku klastra.....	299
5.2.3.4.4. Blok histogramowania ładunków klastrów.....	300
5.2.3.4.5. Blok integracji i udostępniania serii histogramów.....	301
5.2.3.5. Synchronizacja i kalibracja systemu TRIDAQ.....	303
5.2.3.5.1. Synchronizacja dystrybucji strumieni pakietowych.....	304
5.2.3.5.2. Kalibracja kanałów pomiarowych.....	305
5.2.3.6. Sterowanie systemem TRIDAQ z poziomu eksperymentu	306
5.2.3.7. Implementacja warstwy diagnostycznej na bazie modułów ZSW	307
6. Zakończenie	312
Bibliografia.....	318
Indeks.....	334