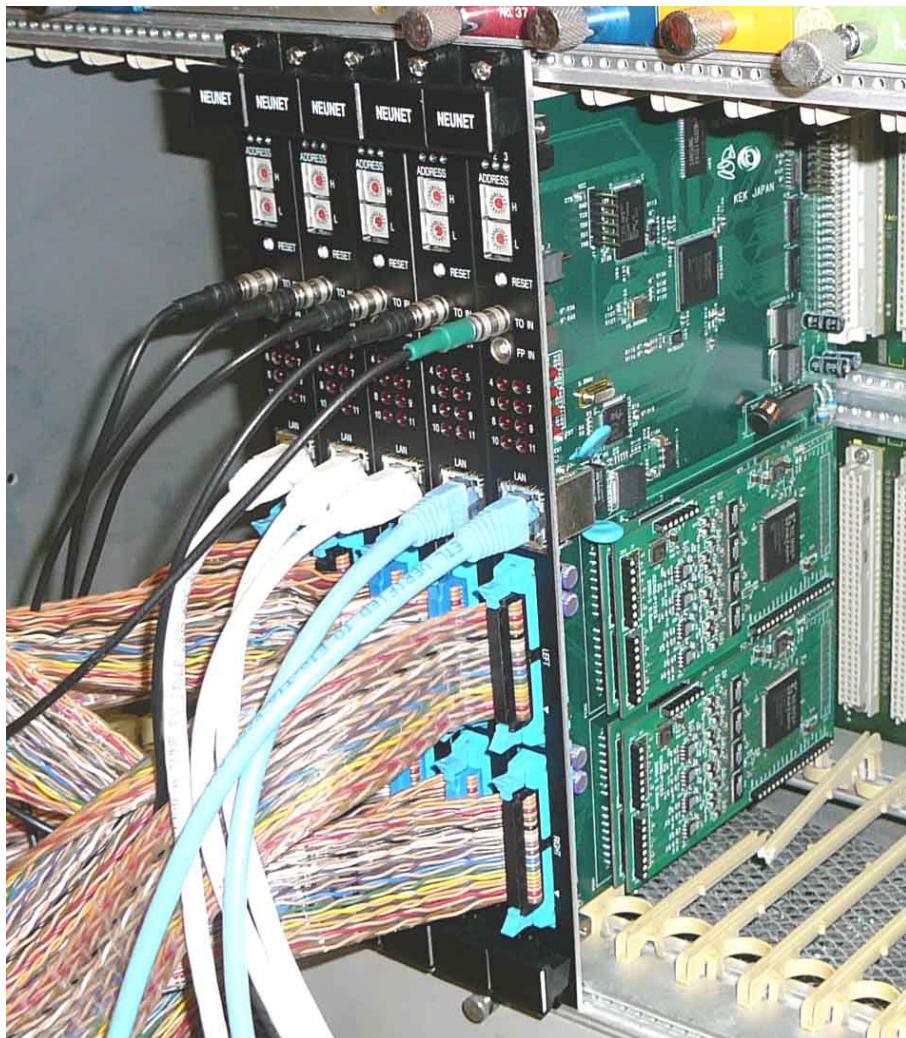


NEUNET (SiTCP-PSD) の電気的仕様書

写真1 PSD が 40 本分の、NEUNET モジュール 5 台



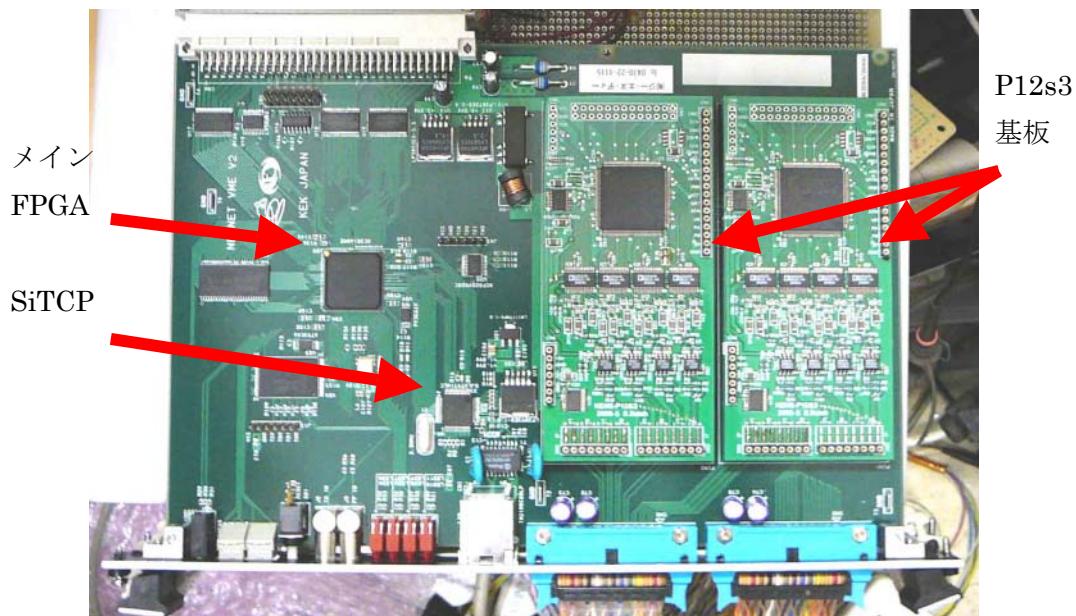
2007年8月7日 佐藤節夫

改定：2008年1月24日、2009年5月26日、30日

概要

He3 ガス位置敏感型検出器 (PSD) は中性子を検出できる検出器の中で、絶対的な信頼性がある。その読み出し回路に、KEK の中性子科学研究施設 (KENS) で開発した PSD2K システムがある。しかし、データ転送の点で大規模実験には不向きである。そのため、KEK の素粒子原子核研究所（素核研）で開発されたシリコン TCP/IP (SiTCP) 技術を導入し、PSD2K システムを高速インターネット化した。写真 1 に NEUNET モジュールの使用状況を示す。また、写真 2 に NEUNET モジュールの詳細を示す。

写真 2 NEUNET-VME 基板



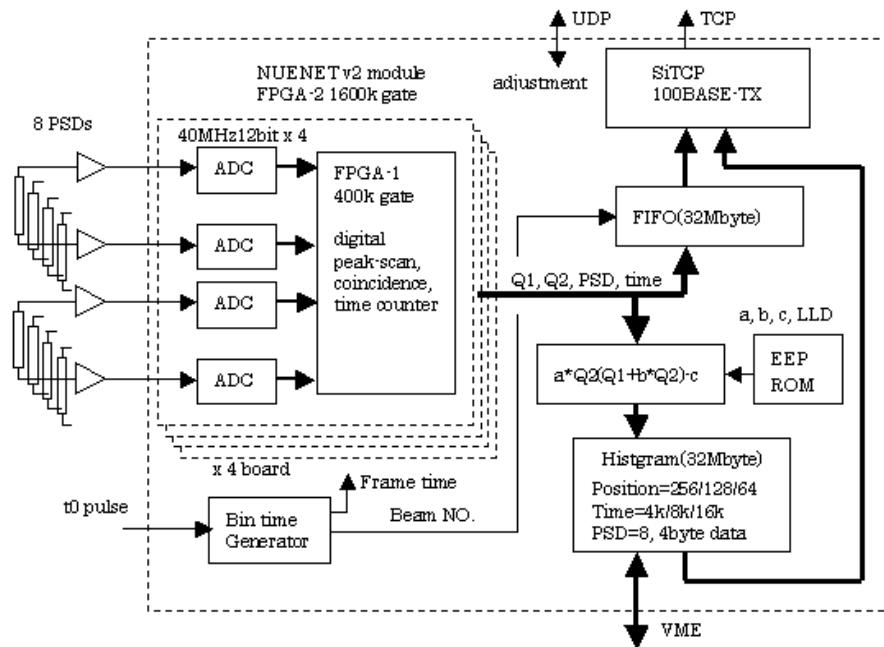
主な仕様

- NEUNET モジュールの仕様をまとめます。
- 1 - SiTCP からネットワークを通して中性子イベントデータが読み出せる。
- 2 - 1 と独立に VME からも中性子ヒストグラム測定ができる。今までの PSD2K システムと同等に使用できる。
- 3 - 2 のヒストグラム測定を、SiTCP からネットワークを通してでき、そのデータを随時読み出せる。排他的（同時読み出しができない制限）ではあるが、1 のイベントデータ読み出しと並列に動作させることもできる。
- 4 - 各入力の PSD 左右の波形を 128 ステップの長さで取ることができます。40MHz, 20MHz, 10MHz, 5MHz のクロック周波数を選ぶことができる。ネットワークと VME から、排他的であるが、同様に読み出せる。
- 5 - ネットワーク側から UDP 通信で、モジュール情報の読み出しができる。MAC アドレスなどの重要な設定は、ROM 設定プログラムで始めに 1 度だけ行う。その後は通常プログラムで、読み出しだけができる。

NEUNET モジュールの構成

図 1 に NEUNET モジュールの構成図を示す。モジュール上に 64M バイトのメモリを持っているので、32M バイトずつ振り分け、イベントデータ用 FIFO とヒストグラムデータの構成とした。ADC 基板からのデータを両方に振り分け、独立に動作する。

図 1 NEUNET モジュールの構成図



SiTCP 側から制御できる範囲を広げた。デフォルトでは SiTCP 側からイベントデータを読み出すことのみが可能、ヒストグラムデータは VME 側からのみ読み書きできる。新機能として UDP からの設定により、ヒストグラムデータも制御できる機能を追加した。ただし、ネットワークを通して同時に読み出すことが無理であるので、読み出すメモリを切り替える機能も追加した。

新機能の使用例として考えられるのは、始めにヒストグラム設定し、データが順調に蓄積されるのを確認後、データ表示をやめる。イベントデータを出力する機能に切り替え、イベント方式でデータを読み出す。イベントデータ測定終了後、ヒストグラムデータ出力に切り替え、それまでに蓄積されたデータを読み出す。

イベントデータとヒストグラムデータが独立に測定できるので、データの信頼性が高められる。

SiTCP のイベントデータ形式の詳細

TCP/IP アドレス = 192.168.0.16 + モジュール番号、ポート = 23

<イベントデータ要求のための書き込み>、PC から NEUNET へ

イベントデータ読み出し、L(23:0) は 16 ビット幅の読み出し最大データ数を指定

0xa3				L(31:0)
------	--	--	--	---------

UDP のメモリ使用制御領域に書き込むのと同じ効果、AH : アドレス、D : データ

主に、ヒストグラムデータ読み出しのための、先頭アドレス設定用

0xa2	AH(2:0)	D(15:8)	D(7:0)				
------	---------	---------	--------	--	--	--	--

AH=0:tmc, tmc(6)==1?clear memory, AH=1:tmd, AH=2:tme, AH=3:srdata(31:16), AH=4:srdata(15:0)

<イベントデータの読み出し>、NEUNET から PC へ

後に続くイベントデータサイズ + イベントデータ列、L(31:0) は 16 ビット幅の、後に続くイベントデータサイズを指定。

L(31:0)	<イベントデータ列>
---------	------------

イベントデータサイズをイベント数に変更する必要があるか？各イベントサイズが変わること可能性があるので、絶対値 (short word: 16bit) で示した。

<各イベントデータの構成>

中性子イベントデータ (8 バイト)

T(23:0)=T0 からのクロック数、P(2:0)=PSD 番号、PL(11:0)=左側波高値、PR(11:0)=右側波高値

0x5a	T(23:0)	P(7:0)	PL(11:0)	PR(11:0)
------	---------	--------	----------	----------

T(23:0)=16,777,216 より、25Hz として、40ms フレーム幅、25nsまでの時間幅が可能。

P(2:0)=8-PSD。P(7:3)=モジュール番号。

T(23:0):t0 信号から 40MHz クロック (25ns) でカウントアップした値が入っている。0xffffffff で、t0 信号がなくても動作できる (後述の時間制限を設定した場合を除く)。

PL(11:0)=4096 分割 PSD 左側ピーク値。PR(11:0)=4096 分割 PSD 右側ピーク値。

T0 データ (8 バイト)

C(7:0)=クレート番号、M(7:0)=モジュール番号、K(39:0)=t0 パルス番号。25Hzごとに 1 データが挿入される。

0x5b	C(7:0)	M(7:0)	K(39:0)
------	--------	--------	---------

C(7:0)=256 クレート。M(7:0)=256 モジュール。

K(39:0)=1,000,000,000,000 として、25Hz であると、1,268 年分が表現できる。

T0 データは、KP-GATE モジュールから送られてくるデータのコピーである。KP-GATE モジュールから送られたデータを、フレームの最後に付ける。

装置時刻データ（8 バイト）：厳密には GATENET の送ってくる信号である。

S(29:0)=秒、SS(14:0)=1/32,768 秒、US(10:0)=30us/40MHz。

0x5c	S(29:0)	SS(14:0)	US(10:0)
------	---------	----------	----------

S=秒 : 30bit で、最大 34 年を表現できる。S=0 を 2008 年 1 月 1 日 0:0:0 とする。

SS=1/32,768 秒 : 時計クロック (32.768kHz) の読み値。15bit で 1 秒未満を表現する。

US=30us/40MHz : 32.768kHz (30.5176us ごと) でクリアされ、40MHz でカウントアップされる。11bit で、0x7ff で最大 51.2us を表現できるが、0x4c4 (30.517us) どまりである。

UDPによる、モジュール情報(ROM)の読み書き—ヒストグラム設定データ

UDP/IP アドレス = 192.168.0.16 + モジュール番号、ポート = 0x1234

図2に UDP で設定できるメモリマップを示す。

図2 UDP で設定できるメモリマップ

アドレス	メモリ領域
0x0	ヒストグラム ROM 用バッファ (64 byte)
0x40	モジュール情報 ROM 用バッファ (64 byte)
0x80	モジュール現設定情報読み出し領域 (28 byte)
0x100	ROM 読み出し、書き込み指令領域 (1 byte)
0x180	メモリ使用制御領域 (8 byte)
0x188	ステータスレジスタ (3 byte) # # GATENET 用
0x18b	パルス ID カウンター (5 byte) # # GATENET 用
0x190	装置時刻相対カウンター (7 byte) # # GATENET 用
0x198	SiTCP 側の LLD, 時間制限 (8 byte)

ヒストグラム ROM 用バッファ

ヒストグラム測定時の計算用係数を ROM に読み書きするためのバッファメモリ。ROM に書き込まなくても、SiTCP 側からのヒストグラム測定には、この値が使用される。

UDP Local_address: 0x0 ~ 0x3f (0 ~ 63)

使用できる ROM のサイズ=64 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
0	Scale1		Offset1		Balance1		LLD1	
8	Scale2		Offset2		Balance2		LLD2	
16	Scale3		Offset3		Balance3		LLD3	
24	Scale4		Offset4		Balance4		LLD4	
32	Scale5		Offset5		Balance5		LLD5	
40	Scale6		Offset6		Balance6		LLD6	
48	Scale7		Offset7		Balance7		LLD7	
56	Scale8		Offset8		Balance8		LLD8	

Scale1: 1 本目PSDの位置スケール。 N/1024で、N=4095が最高値で、～4が設定可能。

Offset1: 1 本目PSDの位置オフセット。 N=0～4095。

Balance1: 1 本目PSDの位置左右バランス。 N/256。

LLD1: 1 本目PSDの左右合計の波高値の閾値。 N=0～4095。

(以下、1～8 本目の PSD に対応)

モジュール情報 ROM 用バッファ (通常変更不可)

モジュール情報を ROM に読み書きするためのバッファメモリ。モジュール作製直後に書き込みできるプログラムで ROM 設定する。その後の通常プログラムでは ROM の読み出しだけ可能。

UDP Local_address: 0x40 ~ 0x7f (64 ~ 127)

使用できる ROM のサイズ=64 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
64	MAC_address(47:0)							KIF(15:0)
72	KIE(15:0)		ETO(15:0)		DTO(15:0)		MSL(15:0)	
80	RTO(15:0)		Comment 0~5					
88	Comment 6~13							
96	Comment 14~21							
104	Comment 22~29							
112	Reserved							
120	Reserved			Used_hour(31:0)				

MAC_address: MACアドレス

Comment: モジュールの型番、バージョン、ID 番号を記載

Used_hour: モジュールを使い始めてからの使用累積時間 (自動更新)

以下の項目は、現在変更できないようにした。(2008年1月)

KIF: Interval time to sent keep-alive-packets when a tx-buffer is not empty. [15:0] (msec)
// : Default 0x3E8 (1 sec)

KIE: Interval time to sent keep-alive-packets when a tx-buffer is empty. [15:0] (msec)
// : Default 0xEA60 (60 sec)

ETO: Time-out in establish phase (From recved SYN to receive the next ACK). [15:0] (msec)
// : Default 0x1388 (5 sec)

DTO: Disconnect time-out when a connection is established. [15:0] (256 msec)
// : Default 0x2BF2 (180 sec)

MSL: Min. interval time to allow to connect the next connection. [15:0] (msec)
// : Default 0x1F4 (500 ms)

RTO: Re-transmission time-out[15:0] (msec)
// : Default 0x1F4 (500 ms)

モジュール現設定情報読み出し領域（読み出しのみ）

モジュールで使用されている各種の設定値を読み出せる。

UDP Local_address: 0x80 ~ 0x9b (128 ~ 155)

有効領域=32 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
128	MAC_address(47:0)						KIF(15:0)	
136	KIE(15:0)		ETO(15:0)		DTO(15:0)		MSL(15:0)	
144	RTO(15:0)		IP_address(31:0)			TCPP(15:0)		
152		MSS(11:0)	UDPP(15:0)	FE(7:0)			EV(22:0)	

MAC_address: MACアドレス

KIF: Interval time to sent keep-alive-packets when a tx-buffer is not empty. [15:0] (msec)

// : Default 0x3E8 (1 sec)

KIE: Interval time to sent keep-alive-packets when a tx-buffer is empty. [15:0] (msec)

// : Default 0xEA60 (60 sec)

ETO: Time-out in establish phase (From recv SYN to receive the next ACK). [15:0] (msec)

// : Default 0x1388 (5 sec)

DTO: Disconnect time-out when a connection is established. [15:0] (256 msec)

// : Default 0x2BF2 (180 sec)

MSL: Min. interval time to allow to connect the next connection. [15:0] (msec)

// : Default 0x1F4 (500 ms)

RTO: Re-transmission time-out[15:0] (msec)

// : Default 0x1F4 (500 ms)

IP_address: IPアドレス

TCPP(15:0): TCPポート番号

MSS(11:0): MSS値

UDPP(15:0): UDPポート番号

FE(7:0): イベントFIFOのオーバーフロー回数

EV(22:0): イベントFIFOの保存データー数 (32bit単位)

ROM 読み出し、書き込み指令領域

UDP Local_address: 0x100、書き込みデータ : 0x5B

0x0~0x3f の値を ROM に書き込む。ROM 設定プログラムのみ 0x0~0x7f の値が書き込み。

ROM 読み出し指令

UDP Local_address: 0x100、書き込みデータ : 0x5A

ROM から 0x0~7f の値を読み出す。

メモリ使用制御領域

UDP Local_address: 0x180 ~ 0x187 (384 ~ 391)

有効領域=8 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
384	MR(15:0)		VC(15:0)		VD(15:0)		RR(15:0)	

MR: (7)= ヒストグラムメモリの使い方、0>>VME 側で制御。1>> SiTCP 側で制御。

(6)=1>> SiTCP 制御の場合、メモリ自動クリア。

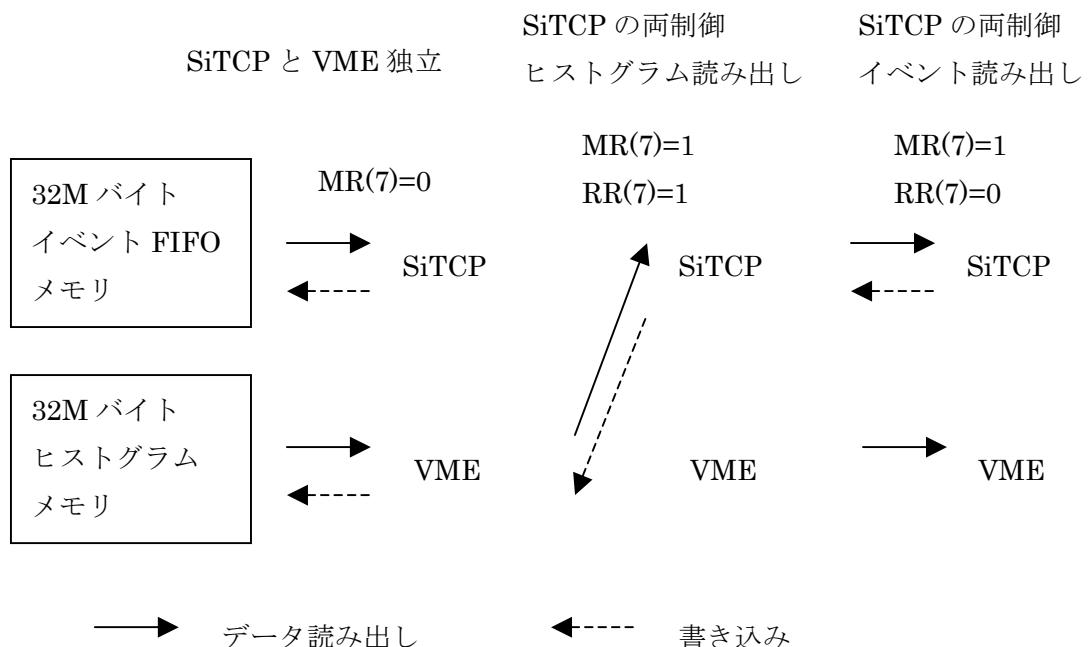
VC: VME のアドレス 4,5 に相当するレジスタ。SiTCP 側制御の時、置き換え。

VD: VME のアドレス 6,7 に相当するレジスタ。SiTCP 側制御の時、置き換え。

RR: SiTCP 制御の場合、(7)=0>>イベントメモリ読み出し、(7)=1>>ヒストグラム読み出し。

図 3 にイベントメモリとヒストグラムメモリの書き込みと読み出しの関係図を示す。 SiTCP と VME 独立で使用の場合、SiTCP の両制御でヒストグラム読み出しの場合、SiTCP の両制御でイベント読み出しの場合で、それぞれの下に各ビットの設定とデータの流れを表している。

図 3 イベントメモリとヒストグラムメモリの制御と読み出しの関係



ステータスレジスタ (GATENET モジュールにのみ有効)

UDP Local_address: 0x188 ~ 0x18a (392 ~ 394)

有効領域 = 3 バイト

	+0	+1	+2
0x188	ST(15:0)	C(7:0)	

ST: (7)=1>> time clock 供給開始。0>> time clock 供給停止。

(6)=1>> FIFO バッファクリア。

C(7:0)=クロート番号

パルス ID カウンター (GATENET モジュールにのみ有効)

UDP Local_address: 0x18b ~ 0x18f (395 ~ 399)

有効領域 = 5 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4
0x18b	K(39:0)				

K(39:0)=t0 パルス番号。

装置時刻相対カウンター (GATENET モジュールにのみ有効)

UDP Local_address: 0x190 ~ 0x196 (400 ~ 406)

有効領域 = 7 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
0x190	S(29:0)				SS(14:0)	US(10:0)	

S=秒 : 30bit で、最大 34 年を表現できる。S=0 を 2008 年 1 月 1 日 0:0:0 (UTC) とする。

SS=1/32,768 秒 : 時計クロック (32.768kHz) の読み値。15bit で 1 秒未満を表現する。

US=30us/40MHz : 32.768kHz (30.5176us ごと) でクリアされ、40MHz でカウントアップされる。11bit で、0x7ff で最大 51.2us を表現できるが、0x4c4 (30.517us) どまりである。

SiTCP 側の LLD, 時間制限 (書き込みは TCP/IP 通信がされていない場合のみ有効)

UDP Local_address: 0x198 ~ 0x19f (408 ~ 415)

有効領域 = 8 バイト

	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	
0x198	LLD(15:0)		TMH(23:0)			TML(23:0)			

LLD=閾値 : 0~4,095、中性子イベントの PL(11:0) と PR(11:0) の合計値 (PL+PR) の下限を設定。PL+PR が 12bit を超えた場合もイベントは捨てられる。現バージョンでは、

LLD<128 の場合は LLD=128 が設定されたと同じになる。LLD=2,048 の場合、PL+PR>2,048 から 4,095 までのデータが保存される。電源投入時は LLD=0 で LLD=128 が設定されたと同じ。

TMH=時間上限制限：中性子イベントの T(23:0)の上限を設定。TML=時間下限制限：中性子イベントの T(23:0)の下限を設定。TMH<=TML の場合は制限されない。TMH=1,600,000、TML=400,000 の場合、10ms から 40ms 間だけのデータが保存される。電源投入時は TMH=0、TML=0 で制限なし。

SiTCP からのプログラムの流れ

NEUNET のイベント制御プログラム (SiTCP_PSD.vi)

1 – Begin を上に押し、測定開始準備。

UDP、0x186 に 2 バイト、0x0000 を書く。

SiTCP をイベント読み出しに使用。

TCP オープン

TCP、8 バイト、0xa300 0000 llll llll を書く。

llll llll=読み出すデータ数 (16bit 単位)、

TCP、4 バイト。4 バイトに読み出せるデータ数 (16bit 単位) がある。

TCP、前述データ数を完全に読み出す。

----- データ保存 -----

NEUNET のヒストグラム制御プログラム (PSD2K_Main_SiTCP.vi)

1 - ヒストグラムモードに変更

UDP、0x180 に 8 バイト、0x0080 0000 0000 0000 を書く。

ヒストグラム使用を SiTCP に変更。

2 - Begin を上に押し、測定開始準備。

UDP、0x100 に 1 バイト、0x5A を書く。ROM から 0x0~7f の値を読み出す。

UDP、0x180 に 2 バイト、0x0080 を書く。ヒストグラムを SiTCP で制御。

TCP、8 バイト、0xa201 0060 0000 0000 を書く。VME, add=4, 0x0060、
EROM の値を読み出し、内部に設定。

UDP、0x186 に 2 バイト、0x0080 を書く。

SiTCP をヒストグラム読み出しに使用。

UDP、0x184 に 2 バイト、0x0000 を書く。VME, add=6, 0x0000。

UDP、0x180 に 2 バイト、0x0080 か 0xC0 を書く。

WithClear の場合、0xC0 を書いて自動メモリクリアする。

UDP、0x184 に 2 バイト、0xC000+d(9:0)を書く。VME, add=6, 0xC000+d(9:0)。
D(9:0)=デレイ (*128us) 設定。

UDP、0x184 に 2 バイト、0xC000+d(9:0)を書く。VME, add=6,
Dt/t=一定の場合 0xA000+(dt(1:0)&f(9:0))、dt=係数、f=未使用
Dt=一定の場合 0x8000+f(9:0)、f=時間幅 (us)。

UDP、0x182 に 2 バイト、0x00&b&m(1:0)&0x0 を書く。

VME, add=6, b=1/0=測定開始／停止、

m=0/1/2/3=PSD&PHA/64*8192/128*4096/256*2048。

2 - Begin を下に押し、測定停止。

UDP、0x183 に 1 バイト、0b00&m(1:0)&0x0 を書く。

VME, add=6, 測定停止、

m=0/1/2/3=PSD&PHA/64*8192/128*4096/256*2048。

TCP、8 バイト、0xa202 xxxx 0000 0000 を書く。VME, add=6, xxxx=det*0x80、
ヒストグラムメモリの読み出す先頭アドレス設定。

----- 読みたいデータ数だけ繰り返す -----

TCP、8 バイト、0xa300 0000 llll llll を書く。

llll llll=読み出すデータ数 (16bit 単位)、

TCP、4 バイト+データを読み出す。4 バイトに読み出せるサイズがある

----- データ保存 -----

3 - グラフ表示。

UDP、0x186 に 2 バイト、0x0080 を書く。

SiTCP をヒストグラム読み出しに使用。

TCP オープン

TCP、8 バイト、0xa202 xxxx 0000 0000 を書く。VME, add=6, xxxx=det*0x80、
ヒストグラムメモリの読み出す先頭アドレス設定。
----- 読みたいデータ数だけ繰り返す -----
TCP、8 バイト、0xa300 0000 llll llll を書く。
llll llll=読み出すデータ数（16bit 単位）、
TCP、4 バイト+データを読み出す。4 バイトに読み出せるサイズがある
----- データ表示 -----

NEUNET 用 MAC アドレス設定プログラム (set_NEUNET_MAC.vi)

1 – EROM&モジュール情報の読み出し。

UDP、0x100 に 1 バイト、0x5A を書く。ROM から 0x0~7f の値を読み出し指示。
UDP、0x0 に 160 バイト、読み出し。
128 バイトが ROM、32 バイトがモジュール情報。

2 – EROM の書き込み。

UDP、0x0 に 128 バイト、書き込み。
128 バイトが ROM、32 バイトがモジュール情報。
UDP、0x100 に 1 バイト、0x5B を書く。ROM への書き込み指示。

TOF 制限時間&閾値設定プログラム (set_LLD&TIME.vi)

1 – 各パラメータの書き込み。

UDP、0x198 に 8 バイト、LLD(15:0)&TMH(23:0)&TML(23:0)を書く。
LLD=閾値、TMH=時間上限制限、TML=時間下限制限。

2 – 各パラメータの読み出し。

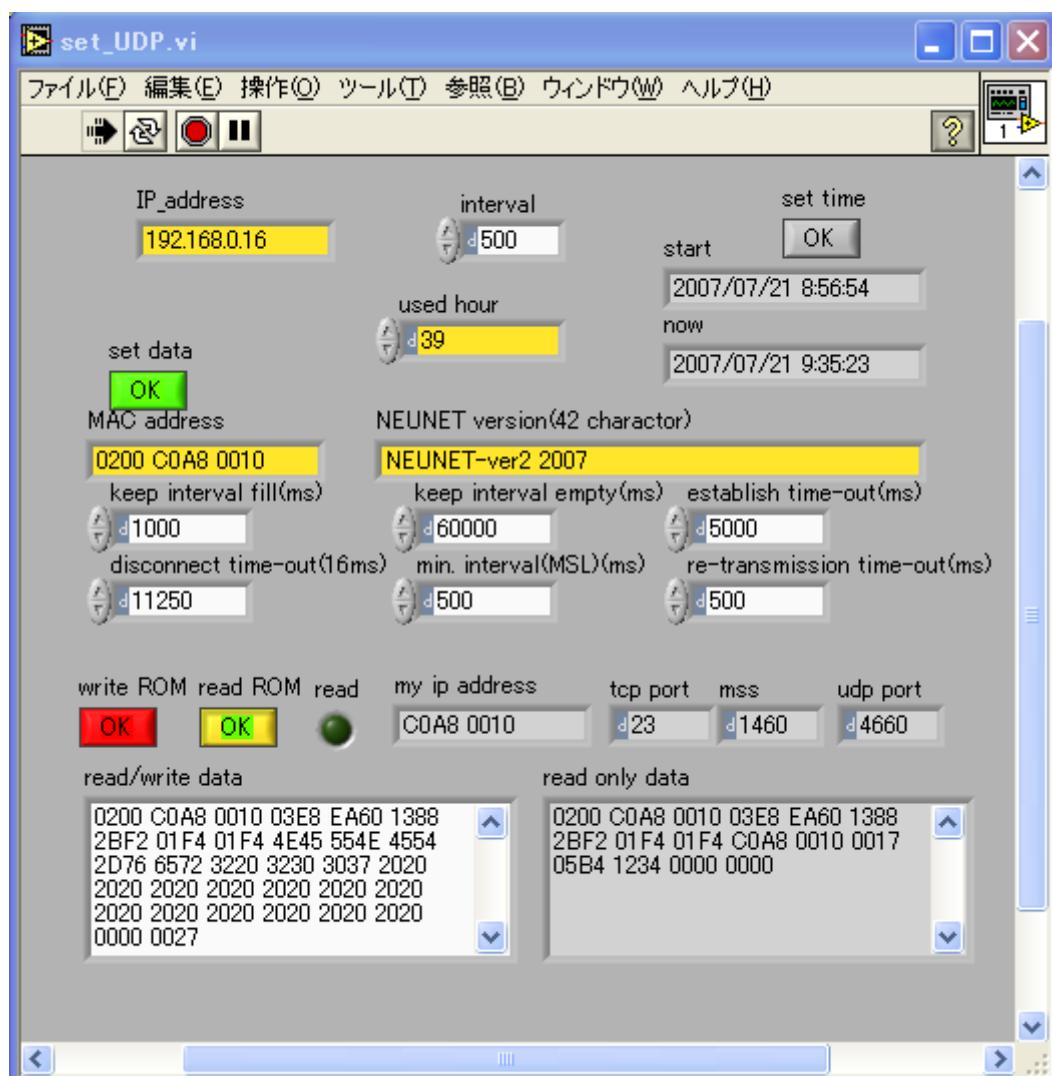
UDP、0x198 に 8 バイト、LLD(15:0)&TMH(23:0)&TML(23:0)を読み出す。
LLD=閾値、TMH=時間上限制限、TML=時間下限制限。

UDPによる、モジュール情報の読み出し、設定画像

図4に UDPによる、モジュール情報の読み出し、赤が非常に重要、黄色が重要、緑が良く使うボタンを表す。設定画像を示す。IP_address に設定を行うモジュールの IP アドレスを設定する。Used_hour はモジュールの使用時間を表すと同時に、ここに設定して初期化を行うことができる。Set_data で used_hour, MAC_address, NEUNET_version, keep_interval_fill, keep_interval_empty, , , re-transmission_time-out の値を read/write_data に準備できる。Write_ROM ボタンを押すとモジュール内 ROM に書き込みができる。Read_ROM を押すと ROM の値を読み出すことができる。

Read/write_data が local address=0~63 に、read_only_data が local address=64~95 に相当している。

図4 UDPによる、モジュール情報の読み出し、設定画像



T0 信号の配信方法

今までの T0 信号は、パルス中性子に同期して配信し、立ち上がりだけを使用していた。しかし、パルス情報も必要なので、T0 信号に埋め込むことにした。パルス中性子間は十分に時間があるので、方式はシリアル転送で、図 5 の通りとする。情報 T0 信号（仮称）は 48 ビットのデータを送る。前半 8 ビットがクレート番号、後半 40 ビットがパルス番号とする。次の T0 信号の立ち上がりで T0 データとしてイベントデータ内に書き込む。次の T0 信号の立ち上がりのタイミングで書き込む。信号が適合していない場合は、今までどおりに立ち上がりだけを使用し、書き込まない。

図 5 情報 T0 信号の構成

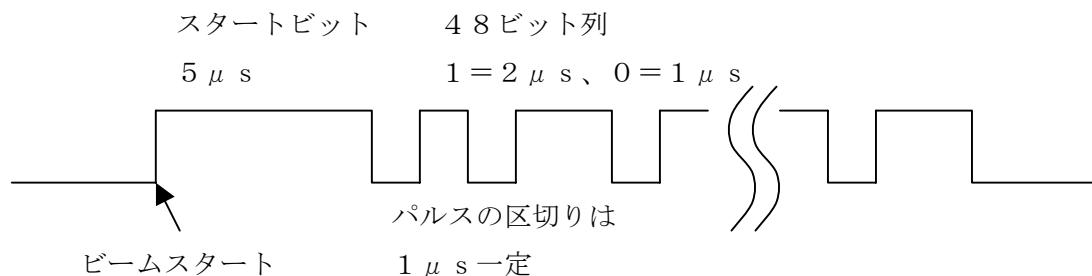


図 6 に情報 T0 信号の全体波形を示す。始めの 4 ビットが 0 で、次の 4 ビットが 1 を表している。図 7 は T0 データを調べるために生データで、赤く囲った場所が T0 信号である。前後のイベントデータの時間データを見ると、次のパルスの前に書き込まれたことが確認できた。

図 6 情報 T0 信号の全体波形

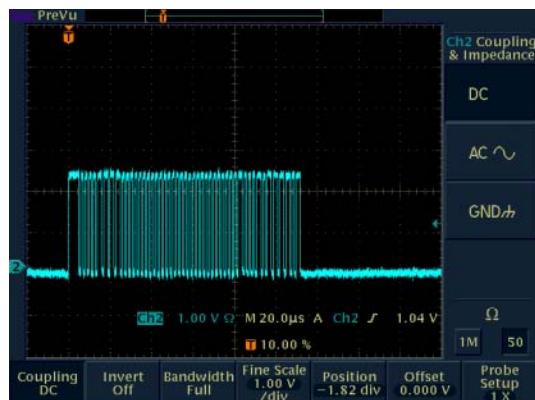


図 7 T0 データを含む生データ

