

EASIROC User's Guide

December 10, 2019

1 EASIROC について

Monolithic MPPC array は、高い集積度で検出器を作ることができるが、大面積をカバーする場合多くのチャンネル数が必要となる。またブレイクダウン電圧や印加電圧とゲインの関係が単一の Monolithic MPPC array 上の MPPC 間でも異なるため、各 MPPC への印加電圧を調整する必要がある。この二つの要請を満たすために MPPC 読み出しシステムとして KEK 及び OpenIt が 2013 年に EASIROC ボード (GN-1101-1,GN-1101-2R) を開発した [1]。どちらのボードもファームウェアは EASIROC pro v4.4 を使用している。これは ASIC に OMEGA 社の EASIROC1 チップを用いた読み出しボードである。このチップの特性として主なものを以下に挙げる。

- 32 チャンネル同時読み出し
- 正電圧入力、Amp、shaping 後、正電圧出力
- 0 - 4.5 V、8 bit 程度のバイアス電圧調整機能
- discriminator を内蔵
- slow control でパラメータの調整が可能
- 入力電荷として 160 fC から 320 pC までのダイナミックレンジをカバー（これは MPPC のゲインを 10^6 と仮定すると 1 p.e. - 2000 p.e. に相当）

その後、WAGASCI の MPPC mass test に使用できるように 2015 年に東京大学がアップグレードし [2]、Scaler や TDC 情報を取得できるように改良した。

2 EASIROC の内部動作

ボードの内部には2つのEASIROCチップが埋まっており、最大で64チャンネルのMPPCを同時に読み出すことができる。EASIROCチップからのアナログ信号は4つのADCでデジタル信号に変換、Discriminator出力はMHTDC及びScalerに入力され、Gatherer、Sender、SiTCPを介してデータ取得PC（DAC）に渡される。DACとEASIROCボードはEthernetケーブルでつながっている。必要な動作電圧は+6Vであり、NIMビンから供給可能である。

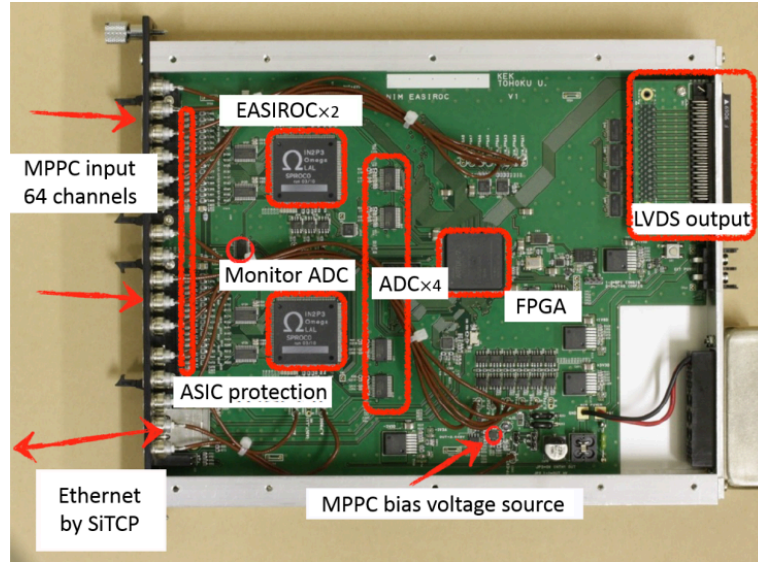


Figure 1: NIM-EASIROC ボードの側面

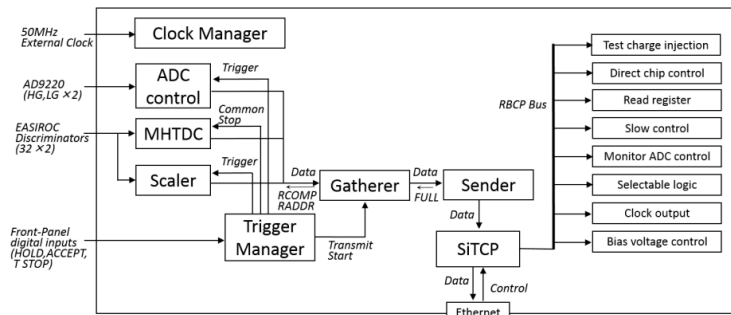


Figure 2: NIM-EASIROC ボードの回路イメージ

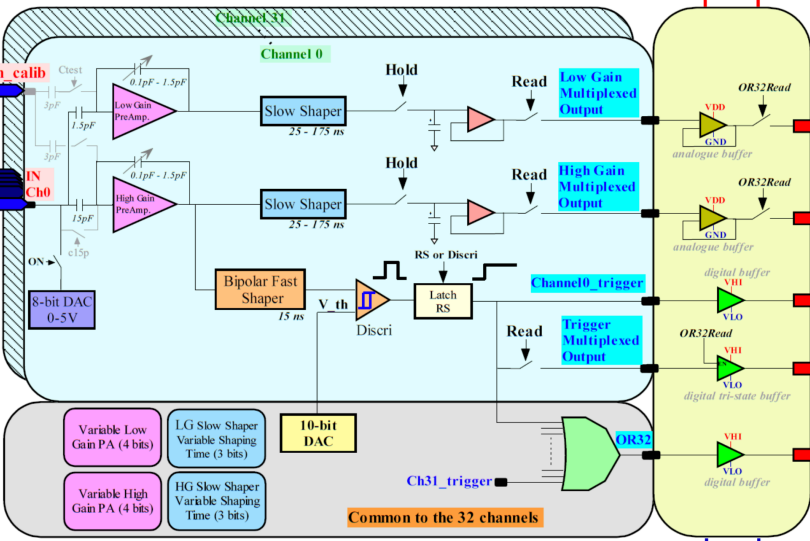


Figure 3: EASIROC チップのブロックダイアグラム

アナログ信号の変換手順は以下のようになる。

1. Low 及び High 二つの異なるゲインを持つプリアンプにより電荷が積分・増幅される
2. プリアンプ出力は Fast shaper 及び Slow shaper に入力される
3. Fast shaper に入った信号は時定数 15 ns で整形され、Discriminator の Threshold を超えた場合にデジタル信号に変換される
4. Slow shaper に入った信号は時定数 25 - 175 ns で整形され、HOLD 信号を受け取った瞬間の電圧値が保持・記録される

3 EASIROC の使い方

3.1 トリガー信号

基本的に外部トリガーのみに対応している。内部トリガーを用いるには、出力 Trigger 信号に適切な delay をかけて”HOLD”, ”T STOP”, ”ACCEPT” の順に入力する必要がある。

タイミングの制約として、HOLD - ACCEPT 間は大抵 2 μ s 以上必要（ADC の変換レートによる）。2.5 μ s あれば確実。

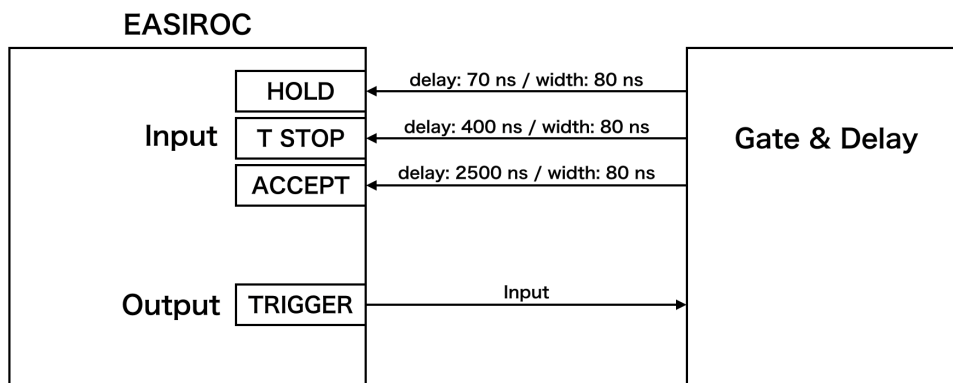


Figure 4: 内部トリガー信号回路の一例 [1]



Figure 5: EASIROC ボードのフロントパネル

3.2 対話モード

内部で Readline が動いており、対話的に EASIROC を操作できる。

3.2.1 対話モード

EASIROC 対話モードの起動

```
$ ./Controller.rb [IP Address (default: 192.168.10.16)]
```

EASIROC 対話モードの終了

```
> exit [quit]
```

3.2.2 バイアス電圧の設定

HV の電圧と電流値を表示する

```
> statusHV
```

HV を [bias voltage] の値に設定する

```
> setHV [bias voltage]
```

HV を [bias voltage] の値まで複数回の step で上昇。各 step で電流値を確認しリミットに到達したら stop する。

```
> increaseHV [bias voltage]
```

3.2.3 データ取得に関わる操作

Slow controll の値を反映する

```
> slowcontrol
```

データ取得を行う

```
> read [Event #] [Filename]
```

ADC [TDC/Scaler] を ON/OFF にする

```
> adc [on/off]
> tdc [on/off]
> scaler [on/off]
```

使わないときは OFF にすることでデータ取得が高速になる。

3.2.4 諸々の情報

- 対話時に入力されたコマンドは CommandDispatcher クラスによって処理される
- 対話モードで help と入力してヘルプが見られる
- 各コマンドは変数 COMMANDS に含まれているものが利用可能で、それぞれのコマンドはメソッドによって処理される
- シェルのコマンドも一部使えるようになっている (ex. ls, mv, root)
- それらは変数 DIRECT_COMMANDS に含まれているものが利用可能
- Controller ディレクトリ内で hist.cc を make してプログラムを生成していれば、read 終了後に自動でヒストグラムを生成する。出力先は Controller/data ディレクトリ内。

3.3 Slow Controll

Slow Controll は yaml ディレクトリ下の YAML ファイル（拡張子：yaml）によって指定される。YAML は構造化されたデータを表現するフォーマットで、XML と似ているが YAML の方が人間にとって理解しやすい形式になっている。よく使いそうなものを以下に紹介する。

3.3.1 RegisterValue.yaml

```
EASIROC1: # チップごとに設定
    Capacitor HG PA Fdbck: 100fF # 増幅率を決定。キャパシタの値は
    Capacitor LG PA Fdbck: 100fF # RegisterValueAlias.yaml に含まれる。
    Time Constant HG Shaper: 100ns # SlowShaper の時定数
    Time Constant LG Shaper: 50ns
    DAC code: 600 # FastShaper 後段の Discriminator の閾値

EASIROC2:
    Capacitor HG PA Fdbck: same
    Capacitor LG PA Fdbck: same
    Time Constant HG Shaper: same
    Time Constant LG Shaper: same
    DAC code: same

High Gain Channel 1: 0 # HG1/HG2 で読み出すチャンネルの指定。
High Gain Channel 2: -1 # 読み出すなら 0、読み出さないなら-1。
Probe Channel 1: -1 # フロントパネルの Probe からの出力チャンネル選択
Probe Channel 2: -1
Probe 1: Out_fs
Probe 2: Out_fs # Out_PA_HG, Out_PA_LG, Out_ssh_HG, Out_ssh_LG, Out_fs
SelectableLogic:
    Pattern: 0r64 # OneCh_#, 0r32u, 0r32d, 0r64, 0r32And,...
    HitNum Threshold: 4 # Threshold for each OR logic. 0~64. Default: 0
    And Channels: -1 # Cannels used in And Logic. 0~63. Default: -1
TimeWindow: 4095ns
UsrClkOut: "OFF" # フロントパネルの syn out から出力される周期信号 # "ON", 1Hz,...
Trigger: ## This "Trigger" values are not used for this version.
    Mode: 0 #0-7
    DelayTrigger: -1 #500MHz #default:-1, 0-253 #trig -> hold -> l1 -> l2
    DelayHold: -1 #25MHz
    DelayL1Trig: -1 #6MHz
    Width: raw
```

Discriminator の DAC 値を大きくすると Threshold は下がる。

3.3.2 InputDAC.yaml

8-bit Input DAC の値がチップごとに 32ch 分並んでいる。256 - 511 で調整（最上位ビットは enable のため常に 1）。

DAC 値を上げるとバイアス電圧は小さくなる。

```
---
EASIROC1:
    Input 8-bit DAC:
    - 350
    - 350
    - 350
    - 350
    - 350
    - 350
    - 350
    - 350
```

3.3.3 Calibration.yml

```
HVControl:  # 指定した HV を DAC 値に変換する係数
- 413.9 #423.06 #483.183
- 747.8 #767.17 #780.0
MonitorADC: # Monitor ADC で読み取った値を電圧、電流、温度に変換する係数
HV: 0.00208 #0.3235 #0.00208
HVOffset: 0.0355 #4.1694
Current: 0.0364 #0.034
InputDac: 0.00006866 #4.5/2^16 #0.0000685
Temperature: 4500.0
```


3.4 その他

3.4.1 Probe 出力

信号処理中の中間信号を取り出すための Probe 出力ラインがフロントパネルに用意されている。出力することができる中間信号を以下に示す。

- HighGain PreAmp 出力
- LowGain PreAmp 出力
- HighGain Slow shaper 出力
- LowGain Slow shaper 出力
- Fast shaper

前述の RegisterValue.yml から出力する情報を指定することができる。

PreAmp を選択した場合、波形全体ではなくピーク付近の一部のみ出力される。注意点としては、2 ch 以上を同時に ON にしない、データ取得中は Probe 1,2 を OFF にすること。



Figure 6: フロントパネルの Probe 出力

```
High Gain Channel 1: 0    # HG で読み出すチャンネルの指定
High Gain Channel 2: -1   # 読み出すなら ch_#, 読み出さないなら-1
Probe Channel 1: -1      # Probe からの出力チャンネル選択
Probe Channel 2: -1      # 2 ch 以上同時に使用しない
Probe 1: Out_PA_HG
Probe 2: Out_fs          # Out_PA_HG, Out_PA_LG, Out_ssh_HG, Out_ssh_LG, Out_fs
```

また、SYNC OUT からの周期信号も RegisterValue.yml より変更が可能である。

```
UsrClkOut: "OFF" # "OFF", "ON", 1Hz, 10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz, 3MHz, ...
```

3.4.2 横山研所有の EASIROC

2019 年 5 月 9 日現在、5 つの EASIROC ボードの存在が確認された。うち一つは京大高エネルギー研究室の備品と思われる。IP アドレスは DAC との接続の際に必要となる。

Table 1: 横山研所有の EASIROC

管理 No.	IP Adress	備考
1	192.168.10.11	
2	192.168.10.12	
3	192.168.10.13	
2 号	192.168.10.18	ch.32 の読み出し不調。バイアス HV にふらつきあり。
京大高エネ備品	不明	後半 32ch の InputDAC が動かない。連絡先：075-753-3837。

4 参考文献

1,2,3 は EASIROC 開発時の資料、4,5 はアップグレード後の資料である。

1. OpenIt のサイト
<http://openit.kek.jp/project/MPPC-Readout-Module/public/MPPC-Readout-Module>
2. 石島さんの修論
http://osksn2.hep.sci.osaka-u.ac.jp/theses/master/2013/ishijima_mthesis.pdf
3. 塩崎さんの修論
http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/~db/human_resource/thesis/2009_B_2_M_1.pdf
4. 竹馬さんのマニュアル
http://hep.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~nchikuma/easiroc_manual.html
5. 竹馬さんの修論
http://hep.phys.s.u-tokyo.ac.jp/wordpress/wp-content/uploads/2016/06/mth2016_chikuma.pdf