

## リアルタイムストロンチウム 90 カウンター開発 BBT BRoaD3 性能試験

### 1. はじめに

Bee Beans Technologies 株式会社が開発した。以前の BRoaD と比較すると時間分解能が 5 ns から 1 ns へと改善され、ユーザビリティも向上したという。7/19 から BBT 綿谷さんから実機をレンタルし波形解析でもって性能試験した。本稿は試験結果を報告する。

### 2. セットアップ

セットアップを図 1 に示す。NIM Clock Generator から 1 kHz で出力される論理信号を NIM Discriminator を経由して BRoaD3 に入力される。ディスクリミネータは幅 10 ns の論理信号を出力する。オシロスコープを用いて BRoaD3 に入力する信号及び出力信号の波形データを取得した。BRoaD3 は ETHERNET を経由して PC で制御され、出力信号の信号幅を 1 ns ずつ設定できる (5 ns 以上)。

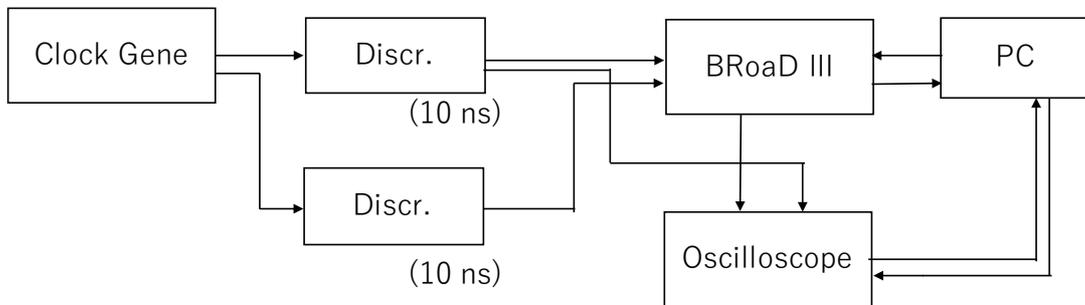


図 1. セットアップ

### 3. 入力信号波形

NIM Discriminator から出力される論理信号は不論理で高さ 800 mV 程度、幅 10 ns で設定した。オシロスコープで読み出した波形データを図 2 に示す。矩形関数でフィッティングした結果、波高値の平均は  $744.2 \pm 0.6$  mV、波高値の分解能は  $3.54 \pm 0.79$  mV ( $\sigma$ )、時間分解能は  $0.102 \pm 0.016$  ns ( $\sigma$ ) が得られた。矩形関数は以下で表される。

$$f(x) = \begin{cases} p_0/p_2(x - p_3) & \dots (p_3 < x < p_2 + p_3) \\ p_0 & \dots (p_2 + p_3 < x < p_1 + p_3) \\ -p_0/p_2(x - p_1 - p_2 - p_3) & \dots (p_1 + p_3 < x < p_1 + p_2 + p_3) \end{cases}$$

ここで、 $p_0$  は波高値、 $p_1$  は信号幅、 $p_2$  は立上り時間、 $p_3$  は立上る時刻を示す。時間分解能は  $p_3$  の標準偏差で評価した。この時の  $\chi^2$  は  $(1.33 \pm 0.11) \times 10^6$  である。

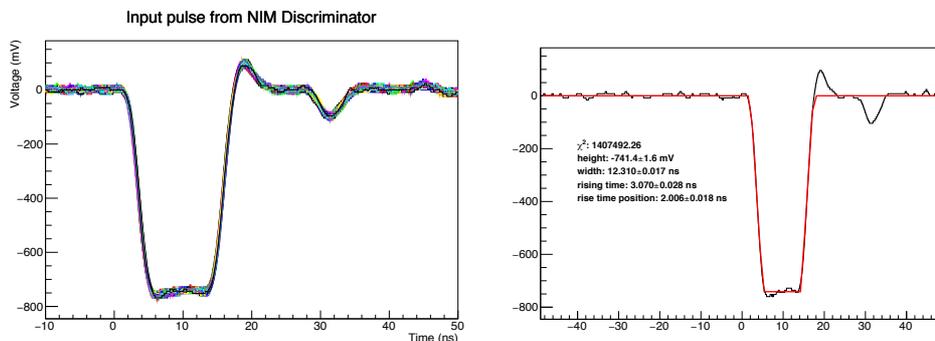


図 2. 入力信号波形(左)とフィッティングした結果(右)

#### 4. BRoaD3 出力信号波形

BRoaD3 は前作と同様に PC 制御で論理演算回路を作成でき、さらに CntFnc で信号幅を設定できる。新作では最小が 5 ns に設定できそこから 1 ns ずつ変更できる。出力信号の波形を図 3 に示す。前作の出力波形は最大 1200 mV で 800 mV を越える幅が最小 5 ns であった。新作の出力波形は NIM 規格に準じて最大 800 mV 程度で綺麗な波形を確立した。入力信号の場合と同様に矩形関数でフィットした。

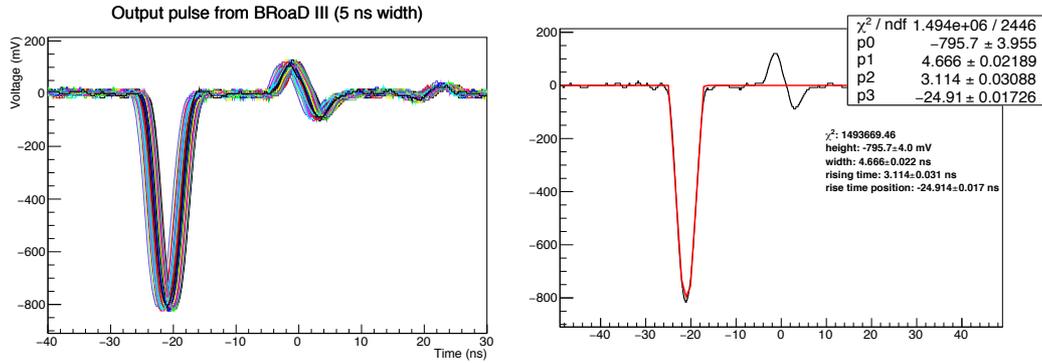


図 3. 出力信号波形(左)とフィッティングした結果(右)

#### 4. 時間分解能

立上る時刻の揺らぎを時間分解能と定義し図 4 に設定信号幅 5 ns における立上り時刻分布、そして設定信号幅と時間分解能の関係を示す。立上り時刻の分布はガウス関数でフィットした結果標準偏差で  $0.60 \pm 0.08$  ns の時間分解能が得られた。内部設定信号幅の違いによる分解能は大きな依存性は見られない。総合して時間分解能は  $0.627 \pm 0.04$  ns が得られた。前作の時間分解能 1.5 ns ( $\sigma$ )と比較して約 42%に狭めている。

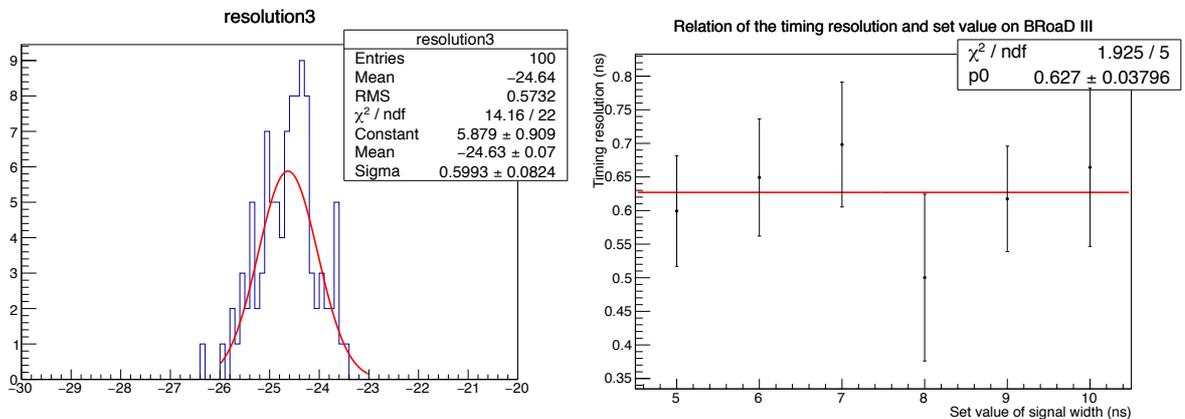


図 4. 立上り時刻分布 (左)と設定信号幅と時間分解能の関係(右)

## 5. 設定幅の線型性

BRoaD3 は信号幅を 5 ns から 1 ns ずつ変更可能になったという。そこで波形解析によって線型性を検証した。測定結果を図 5 に示す。矩形波によるフィッティングで立上り時間の中間と立下り時間の中間の時間幅を信号幅と定義している（つまり矩形波の半値幅）。関係性を 1 次関数でフィットした結果、傾き  $0.979 \pm 0.018$  の良い線型性が得られた。若干設定値よりも狭い信号幅が出力されることがわかった。

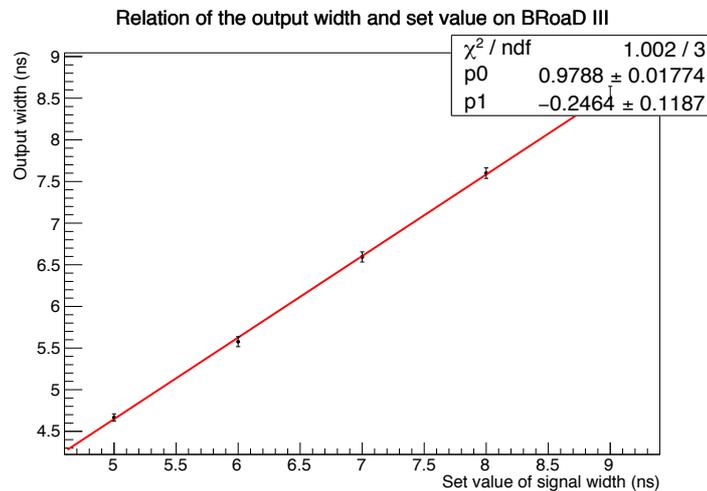


図 4. 立上り時刻分布 (左) と設定信号幅と時間分解能の関係(右)

## 6. その他

1. 前作では信号幅が狭い時(5~10 ns)による出力の効率が落ちるバグが今作では改善されている。
2. ソフトウェアでは MsrCnt に積算計数の表示が追加された。
3. OscFnc の役割が UserInput として追加され、CntFnc は 8 チャンネル分確保できるようになった。
4. PreLogic で AND 処理した時オーバーラップした信号幅で出力されるが、幅が 5 ns 未満の場合直接 NIM-OUT から出力する効率が落ちる現象が発覚した。解決する方法の一つとして FeedBack して CntFnc で幅を広げて NIM-OUT に接続する。ユーザーが対処しなければいけないのは機器としてはバグであろう。
5. 出力ファイルは前作同様 csv ファイルに制限されている。
6. CntFnc で信号幅と遅延時間を一緒に設定できない仕様は変わらない。

## 7. まとめ

BBT の新商品 BRoaD3 をレンタルして性能試験した。前作と比較して出力波形は NIM 規格に沿っており、時間分解能は 42% へ狭くなった(0.63 ns)。設定時間幅も 5 ns まで狭く設定され、出力の検出効率も改善された。前作が約 17 万円に対して新商品は約 60 万円で 3.5 倍値上げしたが、従来の NIM モジュール数台分(Coincidence, Fan In Fan out, Multiplicity Logic, Gate Generator, Clock Generator, Scalar, Pre-Scalar)の機能を持ち、従来のディスクリメータの時間分解能には少し劣ると評価できる。