

# 近距離ライダー向け信号処理・信号発生回路基板の開発 Development of the signal-processing and the signal-producing circuit boards for short-range LIDAR system applications

及川 陽一\*1、菅谷 和直\*1、高松 幹夫\*1、  
岩井 英法\*1、佐藤 典彦\*1、椎名 達雄\*2  
Yoichi Oikawa, kazunao Sugaya, Mikio Takamatsu,  
Hidenori Iwai, Norihiko Sato, and Tatsuo Shiina

\*1：株式会社トリマティス

Trimatiz Limited

\*2：千葉大学 大学院融合科学研究科

Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University

## Abstract

Recently, short-range LIDAR systems have been studied for localized meteorological measurements, noxious gas monitoring applications and so on. Compared to typical LIDAR systems, the processing/measurement circuits require different performances. For example, high repetition frequency is needed for high sensitivity and high resolution time is necessary for measuring close distance objects; both being critical issues.

We have designed signal-processing and signal-producing circuit boards, optimized for short-range LIDAR system applications. A 100-kHz repetition frequency and a 5-ns time resolution was obtained by soft or hard simulations.

## 1. はじめに

局所的な気象計測、有害ガスなどからの災害回避、住環境評価などの計測において、リモートでかつ、多地点で体系的に測定するニーズが高まってきており、これに答えるために、近年、近距離ライダーの研究開発が盛んに行われている<sup>(1),(2)</sup>。然しながら、このような近距離における環境計測には、長距離向けとして研究開発されてきたライダー計測技術が、必ずしもそのまま使えるわけではなく、最適な計測技術の開発が必要である。例えば、近距離での反射光を計測できるように、時間分解能を数 ns 程度まで高めることなどが必要になる。なお、ここで言う近距離とは、0 から数 100 m 程度で、最長でも 1 km である。また、大幅な小型化、低コスト化ができれば、画期的に普及させ、更には、パラダイム・シフトへ波及することが期待できる。

今回、近距離ライダー計測システムの構築に先立ち、システムのキーデバイスである信号処理、および信号発生回路基板の設計を行い、所望性能を実現できる目処がたったので報告する。

## 2. 近距離ライダーシステム向け回路の課題

近距離ライダーシステム向け回路に求められる課題は、以下のようになる。

- ①高感度化：近距離で安全に大気からの後方散乱光を計測するには、LD の光パワーを従来のライダーに比べ 1/100 程度の数 100 mW に下げることになる。この微弱な光源からの反射光を計測するために、従来のライダーに比べ、100 倍程度の 100 kHz に繰り返し周波数を上げ、データを多数積算することにより、高感度測定を実現する必要がある。
- ②高分解能化：近距離ライダーシステムとしては、距離分解能として 1 m 程度が最低必要になると考えられる。このため、反射光の時間分解能は 6.6 ns 以下となり、高分解能が必要となる。
- ③小型化・低価格化：近距離ライダーシステムを普及させるには、多地点で体系的に測定できることが必要であり、そのためには装置の小型化と低価格化が必要不可欠である。従って、パーソナル・コンピュータに搭載できるボードタイプにすることで、小型化と低コスト化を図る必要がある。
- ④同期化：フォトン・カウンティングを行う信号処理回路と、光パルスを発生させる信号発生回路との同期をとる機能が必要である。

### 3. 信号処理回路基板

本回路基板は、フォトンカウンティングを行うものであるが、上記課題を踏まえ、以下の性能、機能などを目標とした。

- ・ BIN 数 : 32767、BIN 幅 : 5 ns~10 ms、Max count : 32767、繰り返し周波数 : 100 kHz
- ・ Input-channel 数 : 4/8/12、機能 : トリガーレベル可変、同期タイミング可変
- ・ サイズ : ハーフサイズの PCI Express ボード ; 111.15 mm x 167.65 mm

表 1 に、他社の装置タイプ、およびボードタイプ製品との比較を示す。近距離ライダー用途としては、積算数を増やして高感度化を行うために、100 kHz 程度の高い繰り返し周波数が必須であるが、市販されている他社製品では明確な記述はないが、数 kHz と推定でき、性能が不十分である。また、6.6 ns 以下の BIN 幅、高感度化のための数万程度の Max count、長距離観測へも対応を図った数万程度の BIN 数、小型化のためのボードタイプを同時に満たしているものは、他社製品には無いことがわかる。

チャンネル数は、差動信号処理で低雑音化を行うので、入力チャンネルとしては、2ch が必要であり、また、偏光特性も切り分けて分析する高度な処理では 4ch が必要になる。本ボードは 3 枚まで同期運用が可能であり、その場合は 12ch まで拡大でき、異なる波長、異なる距離などの測定も対応可能である。

Table 1. Main characteristics of Trimatiz product and comparison table with products from other makers.

Characteristics	Trimatiz	Maker A	Maker B	Maker C	Maker D
Bin width	5 ns to 10.486 ms 5 ns x 2 <sup>n</sup> (n = 0 to 21)	5 ns to 10.486 ms (10 ns, 20 ns excluded)	40 ns	4 ns	4 ns or 32 ns
Number of bins	32767	32767	4096	16384	262144
Max count	32767	32767	-	-	-
Input channel	1/2/4/8*/12*	1	4	1-4	1
Repetition freq.	100 KHz	-	-	-	-
Type	Board	standalone	board	standalone	board

\* Up to 8/12 channels due to the possibility of synchronization between two or three boards

図 1 に回路ブロック図を示す。FPGA 技術を駆使し、高速動作多入力チャンネルタイプを実現する構成とした。また、データ転送処理の工夫 (HW アシストによる Raw データ転送の高速化、およびデータ処理の前処理を HW 側で行う等) で高速転送、かつデータ処理の連続性を確保できるようにした。また、パルス幅の狭い微弱なフォトンカウンティングを実現するために、ディスクリミネータレベルの調整が可能な差動出力高速コンパレータを採用した。

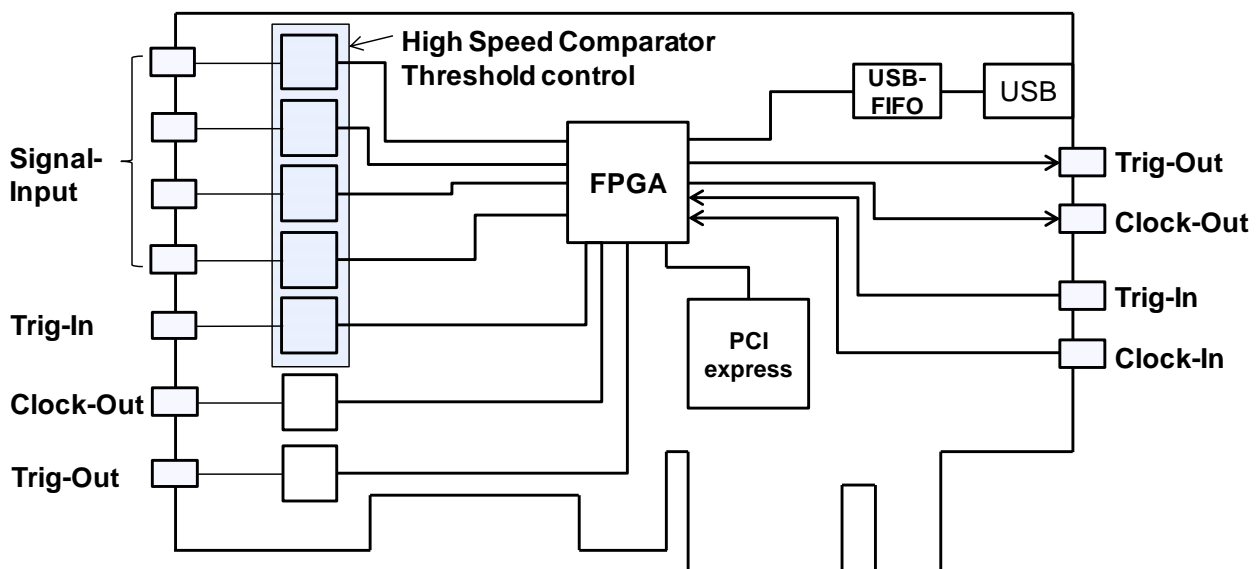


Fig. 1. Block diagram of signal-processing circuit.

図2にFPGAにおけるカウンタ動作のシミュレーション結果を示す。2bitのgray-code-counterに、wrap around 処理を行うことで、高速なカウンタ動作を可能とした。シミュレーションから、550 MHz (1.8 ns)の高速動作が可能であることを確認できた。

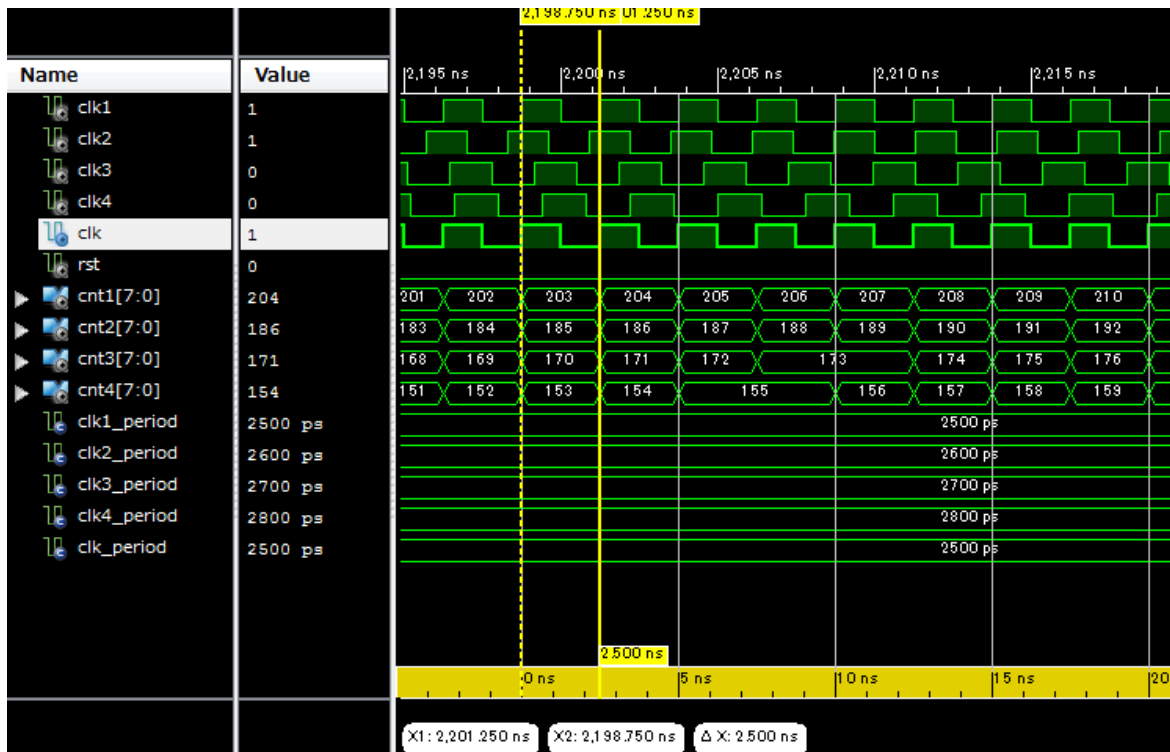


Fig. 2. Simulation results for counter operation at FPGA.

#### 4. 信号発生回路基板

本回路基板は、LD、またはLEDを駆動するものであるが、特に測定距離分解能を上げるために、5 ns までの微小な時間分解能が必要になる。また、市販のLDモジュールの光パワーと発振波長の安定性を確保するために、温度制御機能も必要になる。このような背景から、以下の性能、機能などを目標とした。

- ・最小パルス幅：< 5 ns、最大駆動電流：>1.5 A、繰り返し周波数>300 kHz
- ・機能：パルス幅可変（上記最小値から 100 ns まで）、駆動電流可変、LD 温度制御
- ・サイズ：70 mm x 130 mm

図3に回路構成を示す。アンペアーオーダの大電流で、かつ高速にLDを駆動するために、高速FETドライバーにてマイクロ波用FETを駆動する構成を採用した。また、駆動パルス幅を可変するために、CPLDにて任意幅のパルスを生成し、ドライバーに入力させる手法を採用した。更に、CPLDからFETの印加電圧を可変することで、駆動電流を可変できるようにした。温度制御には、PWM制御ICによるPID制御を採用した。

ドライバー部分の基礎実験を行った結果を図4に示す。これは、LDを0 ohm抵抗とした評価であるが、最小パルス幅:3.2 ns, 最大駆動電流:1.4 A が得られており、ほぼ目標を達成できた。

#### 5. まとめ

近年、近距離ライダーの研究開発が盛んに行われているが、長距離向けとして研究開発されてきたライダー計測技術が、必ずしもそのまま使えるわけではなく、最適な計測技術の開発が必要である。今回、近距離ライダー計測システムの構築に先立ち、システムのキーデバイスである信号処理、および信号発生回路基板の設計を行った。

近距離ライダー特有の性能としては、高感度化、高分解能化、小型・低価格化が挙げられる。高感度化には、繰り返し周波数を上げて、データを多数積算することが必要になる。高分解能化には、距離分

解能を上げるために数 ns 以下の時間分解能が必要になる。小型・低価格化には、PC 搭載ボードサイズでの実現がひとつの目安になる。

最先端のデジタル・アナログ回路技術を適用して回路設計を行った結果、ソフト・シミュレーション、または、基礎実験（ハード・シミュレーション）により、100 kHz の高い繰り返し周波数、5 ns の時間分解能、ハーフサイズの PCI Express ボードである 111.15 mm x 167.65 mm の基板サイズで得られる見通しが得られた。

参考文献

- (1) 小山護哲、椎名達雄、'超小型 LED ライダーの開発と受光特性評価'、28th LSS, p24-25
- (2) 竹内仙、阿保真、'近距離計測のためのスキャングライダー'、28th LSS, p16-19

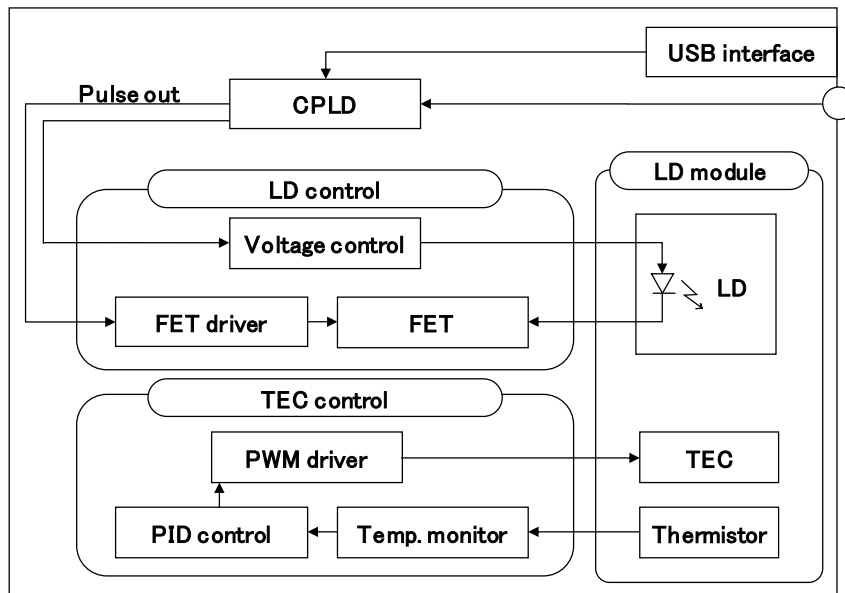


Fig. 3. Block diagram of signal-producing circuit.

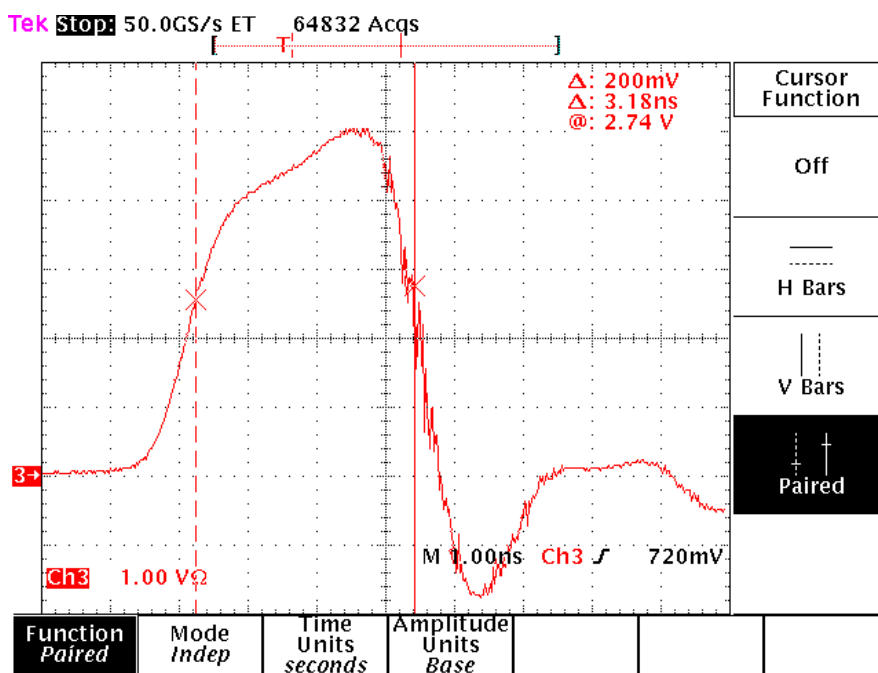


Fig. 4. Driving waveform of signal-producing circuit.