

Fan-out ボードの駆動試験 2

本原 顕太郎

1996 年 12 月 17 日

概要

1. 読み出しのアナログ部分の応答速度を計測した。立ち上がり／立ち下がりともに、大体 700 ～ 800(ns) 程度のおくれであった。また、微かにオーバーシュートが見られた。
2. 定周波を入力して、出力をフーリエ変換することにより、実効的なピクセルサンプリングレートを得た。理想的な場合よりも大体 0.15(μ s) 程度遅くなっていることが確認された。
3. ファンアウトボードの読み出しノイズの試験を行なった。フレームをフーリエ解析したところ、120Hz のノイズ成分が現れた。蛍光灯を消して再度計測したところこれは消滅したため、蛍光灯からの電磁波が混入していたと考えられる。しかしながら、パワーとしてはほんの一部分であったため、読み出しノイズ自身は有意には減少しなかった。

1 アナログ部分の応答速度

1.1 各種パラメータ

矩形波の入力に対する応答を見た。入力は offset=0.5(V), 振幅 =0.15(V), frequency=300(Hz) の矩形波のエッジを用いた。

1.2 結果

各チャンネルの 95% 立ち上がり／立ち下がり時間の結果は以下の通り。

Ch.	立ち上がり	立ち下がり
1	845(ns)	820(ns)
2	860	790
3	800	730
4	820	735

完全に落ち着くのは、大体この時間の 3 倍程度であるので、3(μ sec) 足らずとなる。すなわち、マルチプレクサのサンプリング速度の限界である 3(μ sec/pixel) にはほぼ対応できるといえる。

次ページにオシロの出力をあげる。

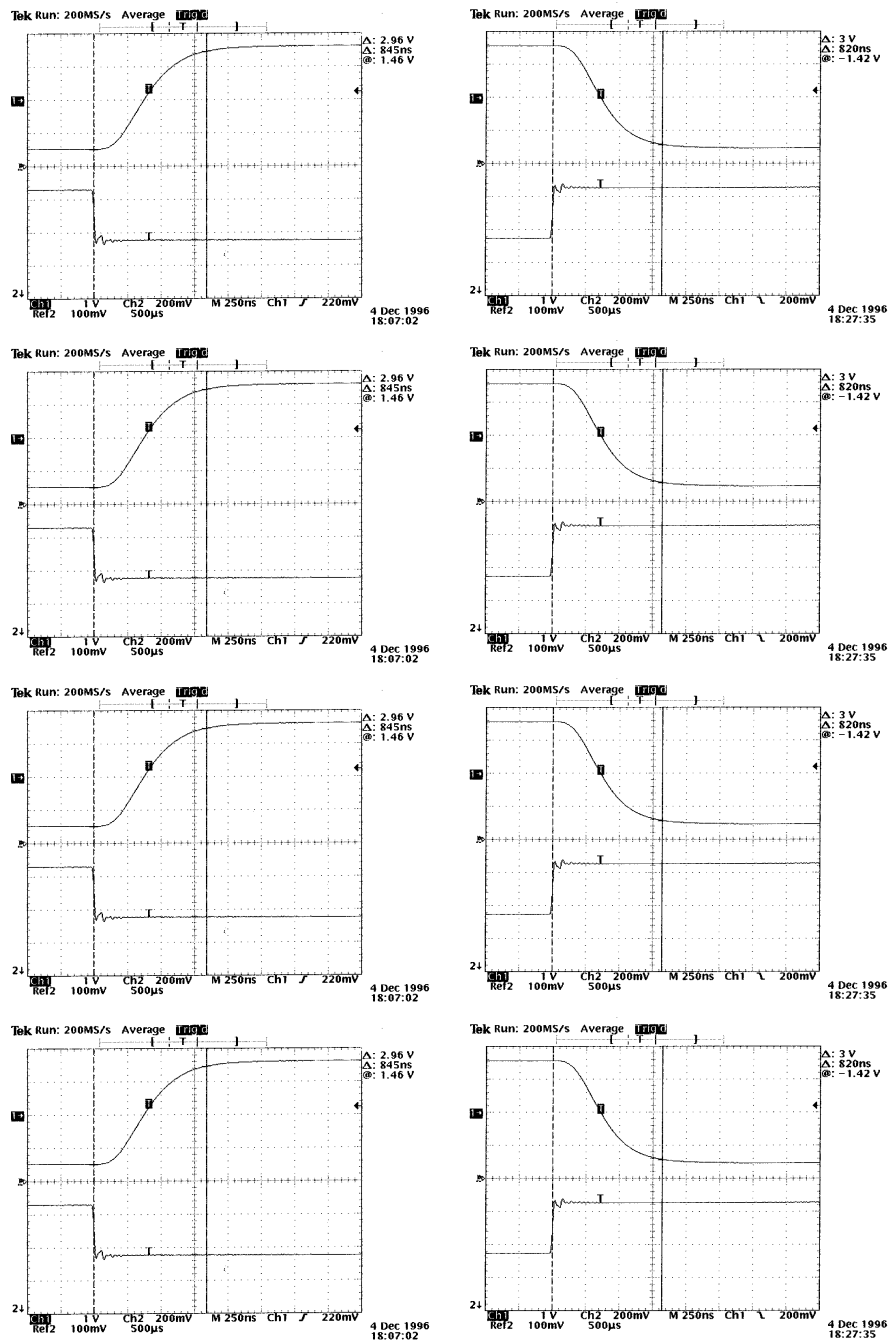


図 1: 上段から順に Ch.1,2,3,4 の応答。それぞれ下が入力、上が応答。

1.3 オーバーシュート

この実験の最中に、わずかではあるものの回路に起因かもしれないオーバーシュートが見られた（下図）。しかしながら、ファンアウトボードからの出力を計測している最中には入力側にもオーバーシュートが見えているにもかかわらず、ADC の入力部の計測時にはそれが見えていないため、オシロのプローブの特性によるものの可能性も否定できない。現時点では果たしてオーバーシュートがあるかはわからないが、矩形波を AD コンバータで高速でサンプルすることによりははっきりできる。今後この実験を行なう必要がある。

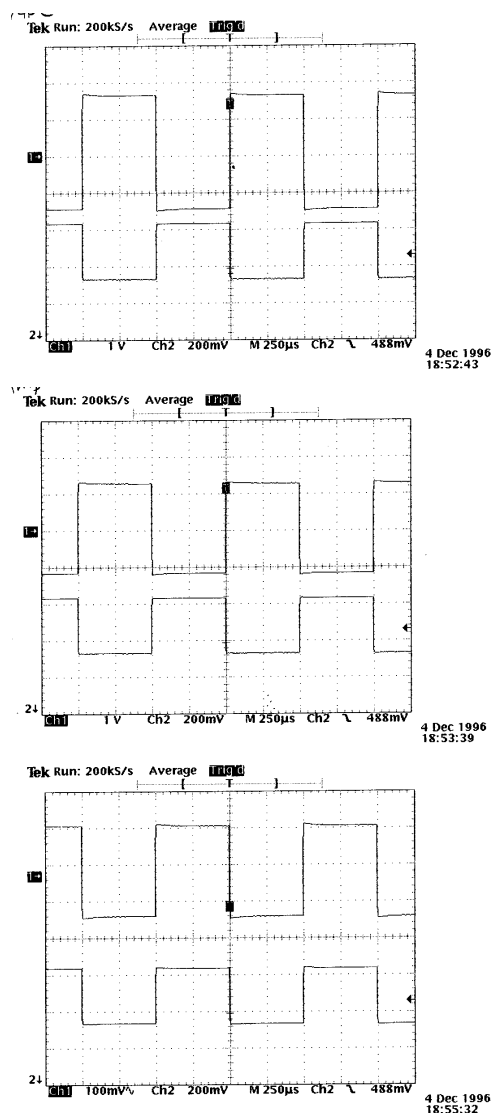


図 2: オーバーシュートの様子。上から順に ADC の入口、プリアンプの出口、FET アンプの出口での計測。

2 実効サンプリングレート

実効的な1ピクセルあたりのサンプル・レートを計測する。

2.1 計測方法

function generatorで単一周波のsin波を入力し、それをAD変換したイメージの各ピクセルの値をサンプル順に並べ、それにフーリエ変換を施してやって出てきたピークの周波数が入力周波数に等しくなるようにサンプリング間隔 Δ を決める。

いま、例えば N ピクセル分のデータ点 $h_k(0 \leq k \leq N-1)$ があるとしよう。このサンプリング間隔は何かわからないが、とにかく Δ_{real} であるとする。これにフーリエ変換

$$H_n = \sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{2\pi i k n / N} \quad (1)$$

をかけてやれば、 H_n に対応する周波数 f_n は

$$f_n = \frac{n}{N \Delta_{real}} \quad (2)$$

であたえられる。すなわち、ピークになった H_n に対応する n がわかれば、あと f_n がわかっているので、式(2)から Δ_{real} がわかるというわけである。

2.2 結果

実際の計測では、入力波は offset=0.5(V), 振幅=0.2(V), 周波数は1(kHz)と100(Hz)の2種類で、Ch.1の全ピクセル(512×512)を用いた。

サンプリングには、scan, fast_scanの二つのクロックを用いた。

結果は以下の通り。また、 $H_n - n$ 図を次ページに示す。

- clkname=scan, $\Delta_{expect} = 5.12(\mu s / pix)$

input frequency	n_{max}	$\Delta_{real}(\mu s)$
1.00(kHz)	1380	$5.26e-6 \pm 3.8e-9$
0.100(kHz)	139	$5.30e-6 \pm 3.8e-8$

- clkname=fast_scan, $\Delta_{expect} = 2.88(\mu s / pix)$

input frequency	n_{max}	$\Delta_{real}(\mu s)$
1.00(kHz)	790	$3.01e-6 \pm 3.8e-9$
0.100(kHz)	80	$3.05e-6 \pm 3.8e-8$

どちらの周波数でも、ほぼ一致する。ただし、100(Hz)の入力を用いたものは周波数分解能が十分ではなかったなので、1.00(kHz)入力で得られた Δ_{real} を用いることにする。

この結果から、どちらのクロックについても、おそらくオーバーヘッドの影響により $0.13 \sim 0.14(\mu s)$ の遅れが生じているものと思われる。これは、どちらのクロックも基本的には同じパターンを用いていることとよく一致する。

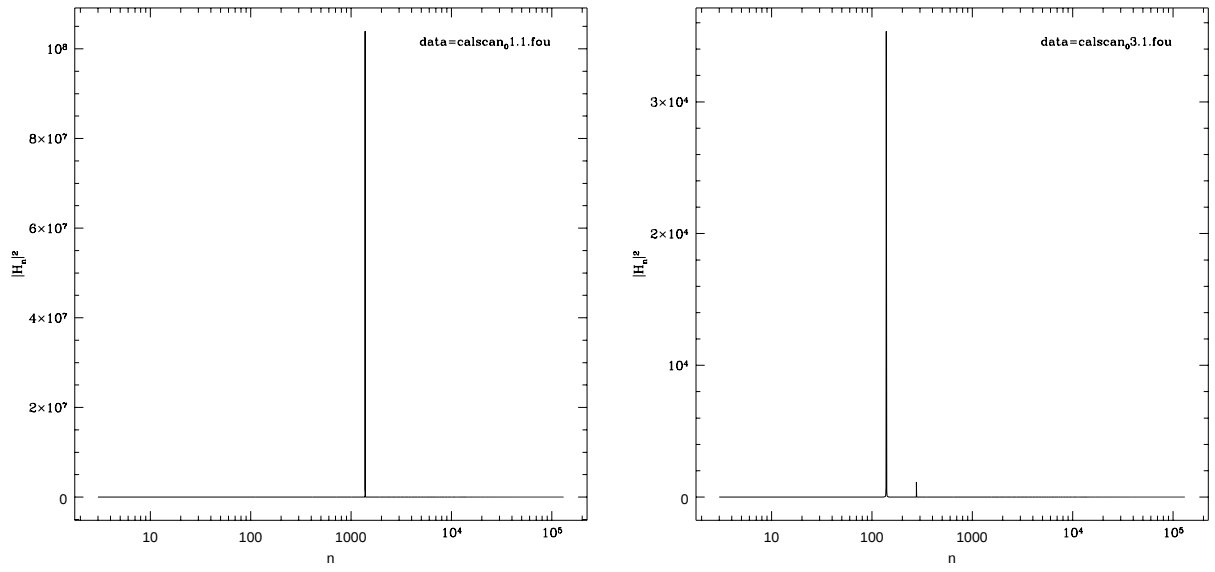


図 3: clkname=scan のときの $|H_n|^2 - n$ 。左が 1(kHz) の sin 波を入れた時、右が 100(Hz) の波を入れた時。

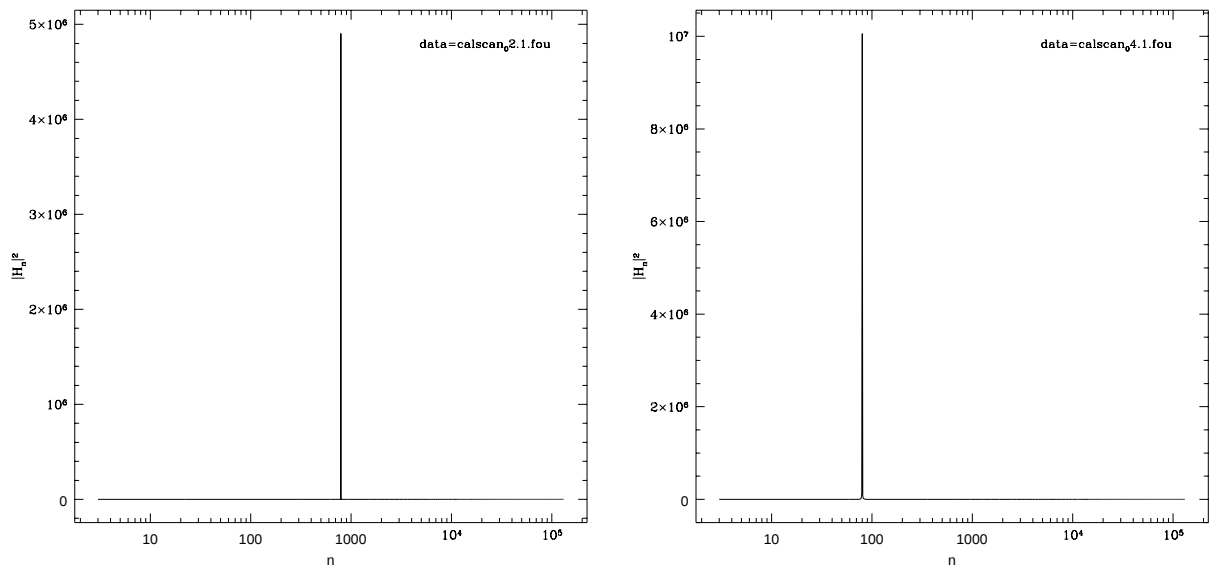


図 4: clkname=fast_scan のときの $|H_n|^2 - n$ 。左が 1(kHz) の sin 波を入れた時、右が 100(Hz) の波を入れた時。

3 読み出しノイズと蛍光灯の関係。あるようでない。

3.1 実験方法

入力に乾電池を抵抗分割したもので定電圧をかけ、それを読み込む。この時、ファンアウトボードは外に出ているため、外来電磁波の影響をモロに受けると考えられる。その一つであると考えられる蛍光灯がどれくらい影響を与えているかをみるため、蛍光灯をつけた状態と消した状態の二つのサンプルをとった。

3.2 結果

サンプルとして用いたのは、各チャンネルの初めの 512×64 ピクセルのみである。これは全面を用いると計算時間が8倍も必要になり、時間が勿体ないことと、今回主に目標にしている 60,120(Hz) の成分はこれで十分であるため。

3.2.1 単純にノイズ

まず、各フレーム（今度は 512×512 ピクセル）を `imstat` した結果を下に示す。

imagename	clkname	蛍光灯	Ch.	STDDEV(ADU)
961216_01	scan	on	1	3.044
			2	4.735
			3	3.551
			4	6.618
961216_03	scan	on	1	3.045
			2	4.747
			3	3.857
			4	6.537
961216_05	scan	off	1	2.944
			2	4.609
			3	4.072
			4	6.388
961216_07	scan	off	1	2.923
			2	4.658
			3	3.550
			4	6.370
961216_02	fast_scan	on	1	4.266
			2	4.124
			3	5.711
			4	6.235
961216_04	fast_scan	on	1	4.398
			2	4.454
			3	5.538
			4	6.062
961216_06	fast_scan	off	1	4.411
			2	4.300
			3	5.730
			4	6.293
961216_08	fast_scan	off	1	4.400
			2	4.230
			3	5.579
			4	6.089

これでいえるのは、まず、`clk=scan` では蛍光灯を消すと基本的にはノイズがわずかに減る、ということである。しかしながら、逆にかなり増えてしまっている場合もあり、一概にはいえない。

一方、`clk=fast_scan` の場合であるが、これもわずかに減っているようではあるものの、`clk=scan` の場合に比べてさらにはっきりせず、逆に増えている場合も結構ある。... というよりもノイズの揺らぎの中

に埋まってしまっていて良くわからない。まあ、とにかくもう少し統計を増やせば有意に現れてきそうである。

3.2.2 周波数成分

これらフレームに今度はフーリエ変換かけたものが以下。

まずは、clk=scan の場合。

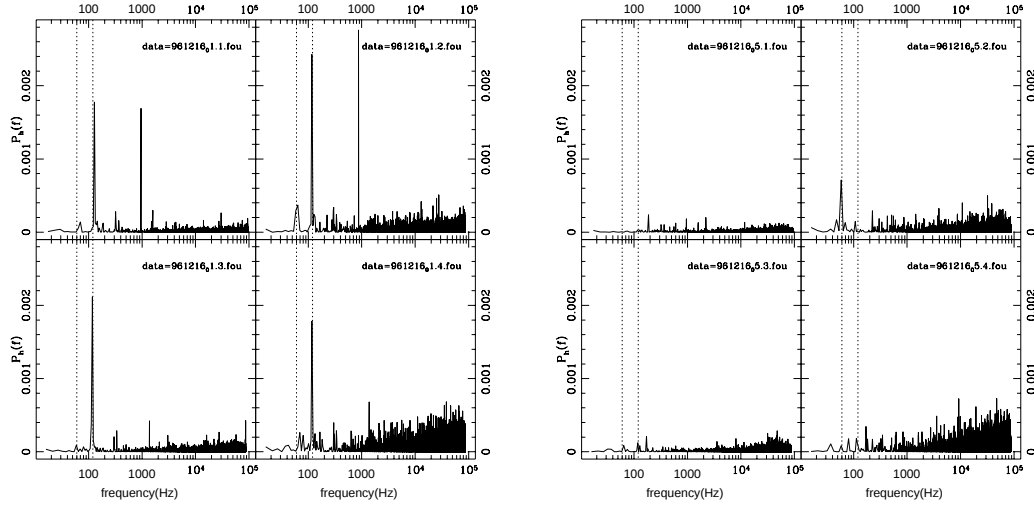


図 5: clk=scan のときの $|P_n(f)|^2 - f$ 。左が蛍光灯がついている時、右が消した時。120Hz 成分が見事になくなっているのがわかる。

あきらかに、蛍光灯からと思われる 120Hz 成分がなくなっている。また、全体的にノイズが多い Ch.2,4 の方で高周波成分が大きく出ているのもわかった。一方、clk=fast_scan の場合は以下になった。

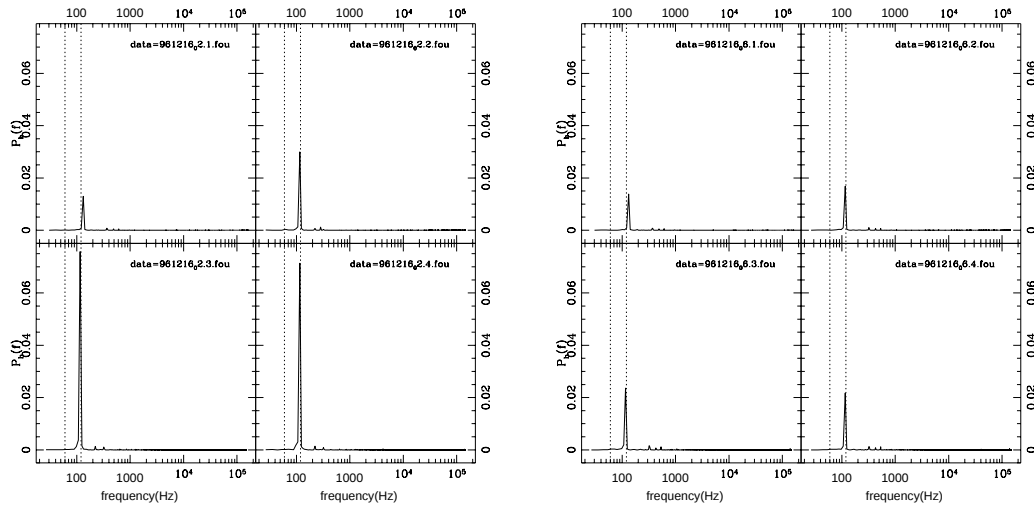


図 6: clk=fast_scan のときの $|P_n(f)|^2 - f$ 。左が蛍光灯がついている時、右が消した時。やはり 120Hz 成分がなくなっている。

やはり 120Hz 成分がかなり乗っており、蛍光灯を消すことによりかなりこれが軽減されている。ただ、clk=scan の時と違うのはこの成分が先ほどよりも遥かに強いにもかかわらず、蛍光灯を消してもかなりの

量が残っていることにある。それでは、これ以外の成分はどれくらい寄与しているのだろうか？
clk=scan と同じ y 軸の縮尺で再表示したものが以下である。

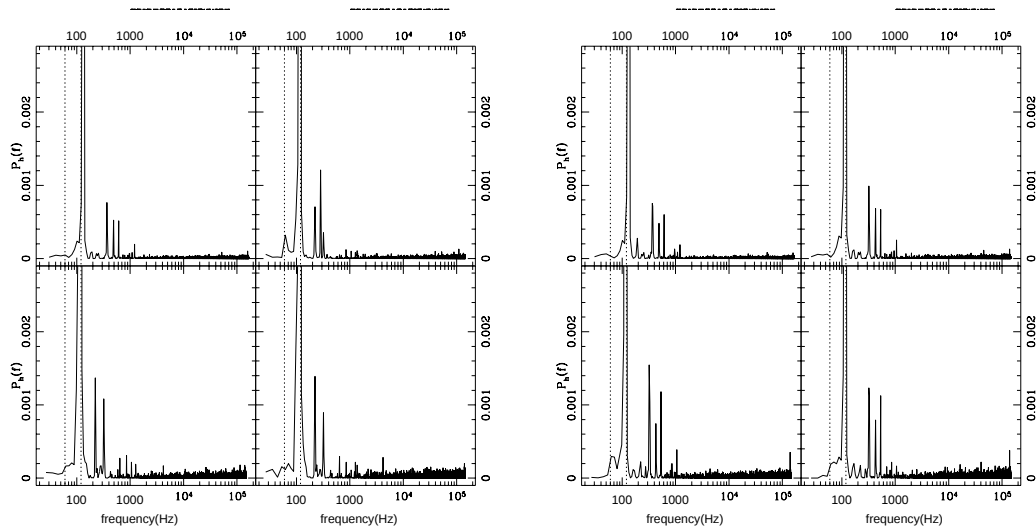


図 7: clk=fast_scan のときの $|P_n(f)|^2 - f$ を clk=scan のときと同じ y 軸の縮尺で表示したもの。

これで見ると、clk=scan の場合と比べて高周波成分はかなり少ないようである。これをどこまで信用していいのか？

そもそも最終的なノイズレベルはほぼおなじ位な上、クロックの速度を倍に上げたくらいでノイズの素性がこんなにも変わるとは思えないのだが…

いずれにせよ、今回わかったことというのは、ノイズの成分にかなりの量の 120Hz 成分が載っているということである。そして、もしも clk=fast_scan の結果が正しくノイズのほとんどが 120Hz 成分で、室内の蛍光灯を消した後も残っているのが室外からの寄与であるのならば、ファンアウトボードをテストデューワーに入れることにより、劇的にノイズが減ることが期待される。