

Technical Note

ELSENA

同時スイッチング・ノイズ

文書管理番号:ELS5016_S000_10

2008 年 1 月

株式会社エルセナ

同時スイッチング・ノイズ

目次

1 はじめに.....	3
2 信号のリターン	3
2-1 信号電流とリターン電流	3
2-2 リターン電流のタイミング	3
3 電流変化によるノイズ発生	3
3-1 ノイズの正体.....	3
3-2 計算例	4
4 同時スイッチングノイズの影響	4
5 回避手段.....	5
改版履歴.....	6
参考文献.....	6

1 はじめに

この資料は同時スイッチング・ノイズの基礎について解説したものです。同時スイッチング・ノイズの発生原理やその影響と回避方法などに触れています。

2 信号のリターン

2-1 信号電流とリターン電流

ドライバが線路を駆動するということは、電圧を線路の特性インピーダンスで割った電流が流れることを意味します。この電流は、線路を駆動すると同時に、戻りの電流(リターン電流)が逆向きに流れます。ある回路ブロック、例えば、サブモジュールやコネクタのようなものを考えると、一般に信号の本数よりもリターン(多くの場合グラウンド)の本数が少なく設定されています。信号対グラウンドの本数の比に比例したリターン電流がグラウンドの接続線(リターンパス)を通して戻ります。

2-2 リターン電流のタイミング

リターン電流は、信号と同時に逆向きに流れます。信号とリターンパスの電流の和が常にゼロになるように流れます。信号が遠端に伝わって、そのリターンがそこから戻ってくるわけではありません。

3 電流変化によるノイズ発生

3-1 ノイズの正体

図1を元に、同時スイッチング・ノイズの正体を説明します。

グラウンドの接続点にはインダクタンスが存在します。このインダクタに電流変化が生じたときには電圧が生じます。この電圧(信号対グラウンドの本数の比に比例)は、インダクタンスと電流変化に比例し、変化時間に反比例します。

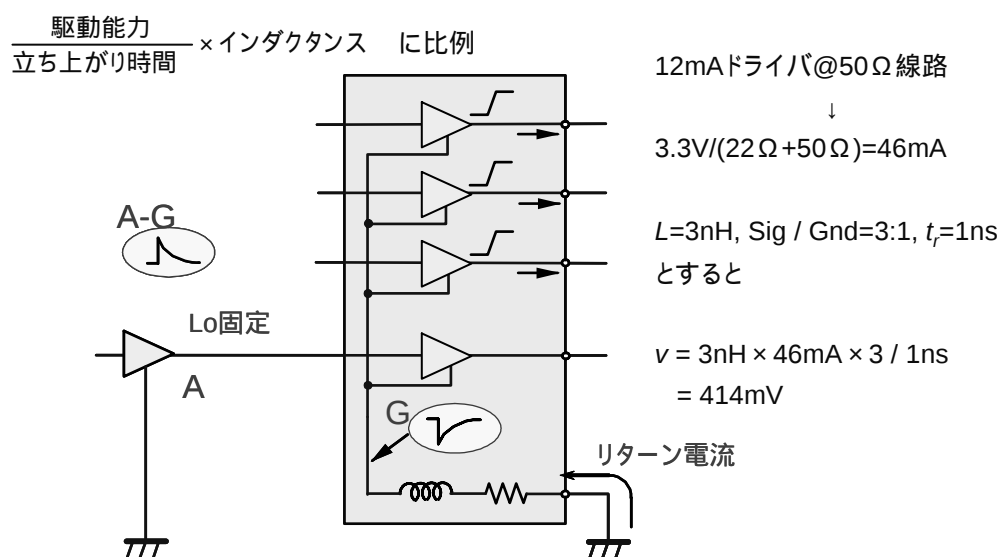


図1. 同時スイッチング・ノイズ

ドライバが立ち上がり波形の場合を考えます。ドライバから線路に電流が流れ出るので、リターンには電流が流れ込みます。リターンのインダクタンスに生じた電圧は、対象となる回路ブロックの入りがプラスで内部がマイナスの向きに生じます。すなわち、回路ブロックのグラウンド・レベルが瞬間的にマイナスに下がります。この結果、この回路ブロックの部品は、外部の安定したグラウンドのレベルが、持ち上がったように感じます。自分自身のグラウンド・レベルが下がったために、プラスのノイズが発生したと等価になります。

3-2 計算例

図 1 を元に、ノイズを計算します。

ドライバの電源電圧 : $V_{DD}=3.3\text{V}$

出力抵抗 : $R_0=22\ \Omega$ (12mA ドライバを想定)

ドライバの立ち上がり時間 : $t_r=1\text{ns}$

線路の特性インピーダンス : $Z_0=50\ \Omega$

リターンのインダクタンス : $L=3\text{nH}$

信号対グラウンドの本数比 : $n=3$

$$\text{電流変化} = \frac{V_{DD}}{R_0 + Z_0} = \frac{3.3}{22 + 50} = 46\text{mA}$$

$$\text{ノイズ} = n \times L \times \frac{dI}{dt} = 3 \times 3\text{nH} \times \frac{46\text{mA}}{1\text{ns}} = 414\text{mV}$$

4 同時スイッチング・ノイズの影響

前節の計算例のレベルでは回路の誤動作には至りません。一般に同時スイッチング・ノイズで誤動作にまで至るよりというよりもタイミングに対する影響が問題となります。同時スイッチング・ノイズは信号の変化時に表れるので、他の信号も変化しようとしているタイミングです。図 2 に示すように、信号のスレッショルド電圧付近はノイズ・マージンがほとんどなく、わずかなノイズでも波形割れなどとなって表れます。波形割れに至らなくても、立ち上がりのスレッショルド電圧付近にプラスのノイズが重畳すると、波形の変化が早くなり、遅延時間の減少として表れます。逆に、マイナスのノイズが重畳すると、波形の変化が遅くなり、遅延時間の増加として表れます。遅延時間の増減によって、タイミング・マージンが減少するので、同時に変化する信号本数を制限することがよくあります。

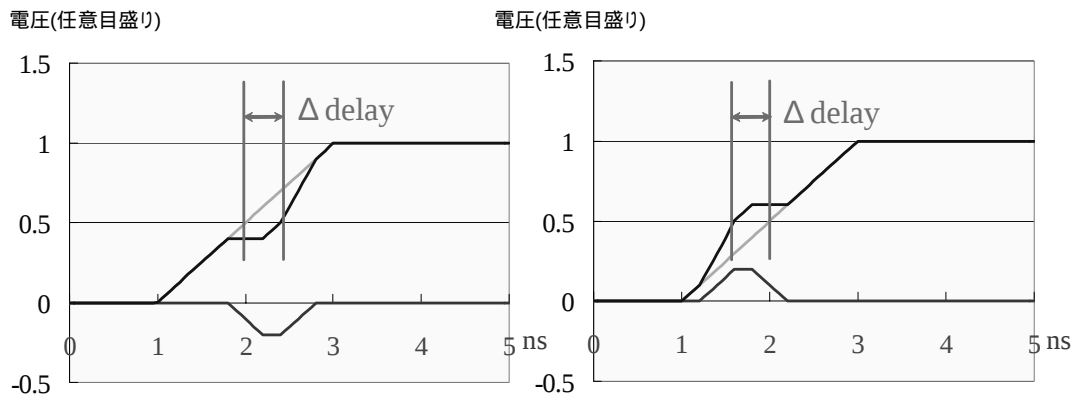


図 2. ノイズ重畳による遅延の変化

5 回避手段

計算例により、何が影響しているかを考慮して、ノイズの低減を図ります。

ドライバの駆動能力を必要最低限に抑え、立ち上がり時間を選択できるならば、遅く選び、信号対グラウンドの比をなるべく小さく選定します。タイミングに余裕があるならば、同時に変化する信号本数を分散させて、例えば、32 ビットのバスならば、16 本ずつに分ける方法も考えられます。

改版履歴

Version	改定日	改定内容
1.0	2006 年 02 月	・新規作成

参考文献

- 碓井 有三 「ボード設計者のための分布定数回路のすべて(改訂版)」 自費出版

<http://home.wondernet.ne.jp/~usuivy/>, 2005.10

免責、及び、ご利用上の注意

弊社より資料を入手されましたお客様におかれましては、下記の使用上の注意を一読いただいた上でご使用ください。

1. 本資料は非売品です。許可無く転売することや無断複製することを禁じます。
2. 本資料は予告なく変更することがあります。
3. 本資料の作成には万全を期していますが、万一ご不審な点や誤り、記載漏れなどお気づきの点がありましたら、弊社までご一報いただければ幸いです。
4. 本資料で取り扱っている回路、技術、プログラムに関して運用した結果の影響については、責任を負いかねますのであらかじめご了承ください。
5. 本資料は製品を利用する際の補助的なものとしてかかれたものです。製品をご使用になる場合は、英語版の資料もあわせてご利用ください。

本社

〒163-0928 東京都新宿区西新宿 2-3-1 新宿モノリス 28F TEL 03-3345-6205 FAX 03-3345-6209

松本営業所

〒390-0815 長野県松本市深志 1-1-15 朝日生命松本深志ビル 1F TEL 0263-39-6134 FAX 0263-39-6135

大阪営業所

〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 6-1-3 アストロ新大阪第 2 ビル 2F TEL 06-6307-2870 FAX 06-6307-2890

名古屋営業所

〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3-11-22 IT名駅ビル 4F TEL 052-566-2513 FAX 052-566-2514