

## デバイス・ピンの波形実測

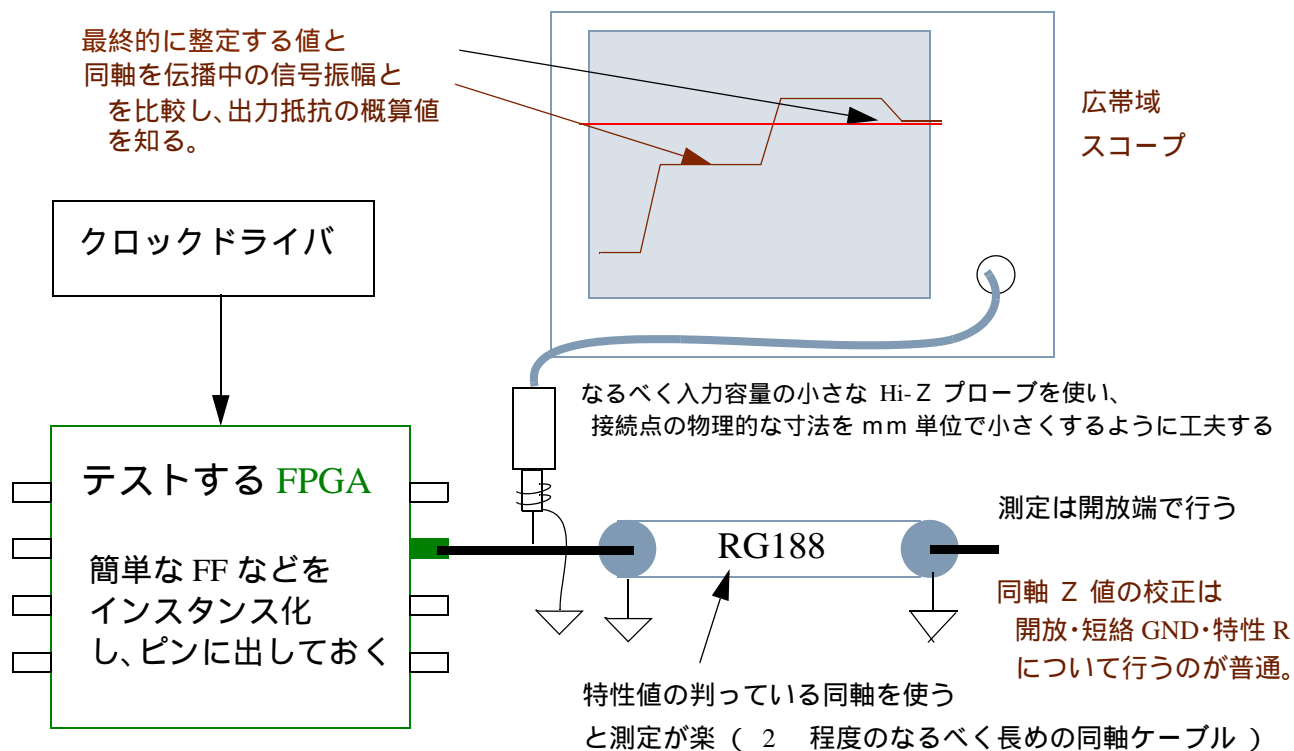
これまでそれほど深い認識をしていた訳ではないのですが、FPGA デバイス・ピンの立ち上がり時間と出力インピーダンスについて、簡易法で実測してみたので、簡単な説明ができる範囲でモデルを作ってみました。

インピーダンスの厳密な値を求めるのであれば、本来はネットワーク・アナライザによる S パラメータでの解析しか適切な方法はないと思います。しかし、このような測定器は高価ですし、その取扱いにはそれなりの習熟が必要です。

簡便に使われる TDR 法は、広帯域のオシロスコープを持っていれば長めの同軸 1 本ですぐにテストできる方法ですので、この TDR 法もどきの回路を考え、実測してみます。

### TDR 法の原理説明図

今更この程度の説明もないかも知れませんが、一応、簡単な説明を図中に記入しておきます。

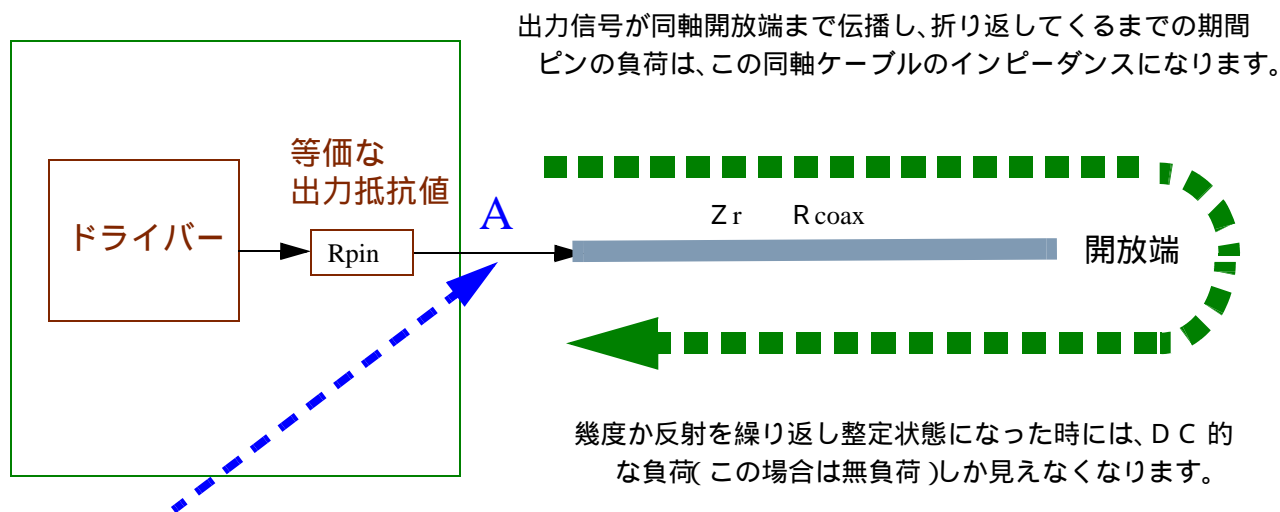


厳密な値を求めることはできません。  
( 波形品質・測定精度の限界が、がっかりするくらい早い段階でくる )

## ごく簡単なモデルについて考えます

と、以下の図のイメージになります。

### テストする F P G A



A 点で観測される波形は、折り返し信号が到達するまでの期間について、ドライバーの信号振幅を  $R_{pin}$  と  $R_{coax}$  とで分割した値になります。

ドライバーの信号振幅の過渡値を厳密に見ることはできませんが、FPGA の外側で起きる事象についてのモデル作成では、この程度の測定でも一応は使える値がとれます。

## 簡易 (^^?) SPICE モデル

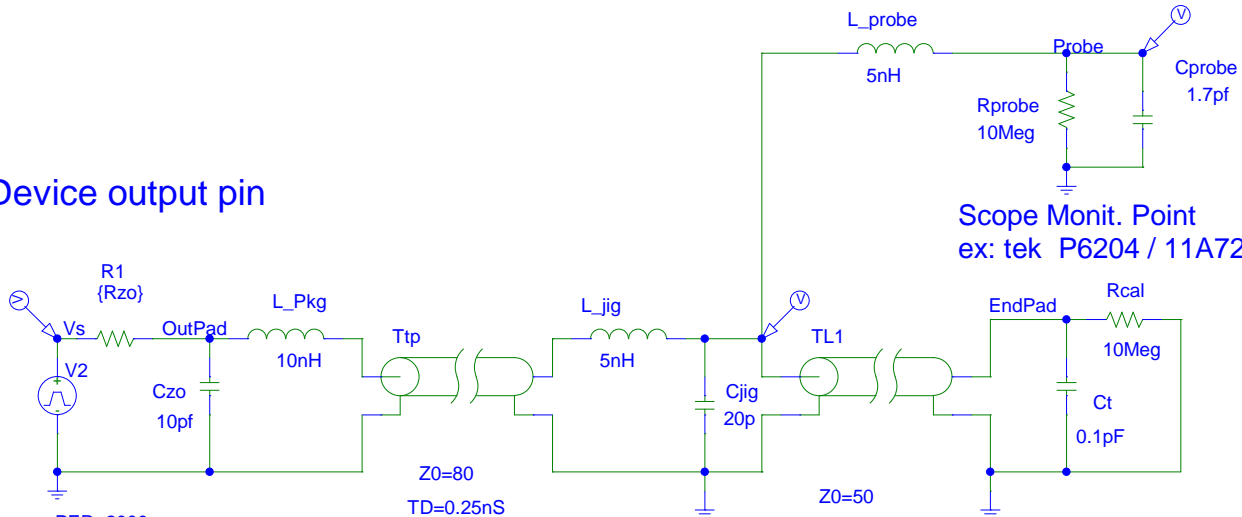
は次ページのように作ってみました。

あまり簡単にし過ぎると、実測波形との違いが目立ち過ぎるようになりますので、一応、デバイスのリード・インダクタンスやピンの容量などを目分量で (--;) 勝手に入れてあります。

信号源の立上り時間を「1 nS」としてあるのは、**実測に基づいて**します。0.25 nS の同軸は、実際に測定した中古基板に貼ってあった引出しパターンのデータを入れたもので、 $C_{z0}$ 、 $L_{Pkg}$  は「この程度の値を想定しないと波形が説明できない (^^?)」ので、私が勝手にデバイスのパラメータとして設定してみたものです。

パッケージの内部リード線として、簡単に棒状インダクタを考え、直径 0.2mm、長さを 12mm として、約 10 nH としてありますが、あくまでこれは「こじ付け」たもので、まとめの所で少し説明します。

## Device output pin



PER=2000n

PW=1000n

TF=1n

TR=1n

V1=4

V2=0

PARAMETERS:

Rzo 35

Scope Monit. Point  
ex: tek P6204 / 11A72 @DSA602

When to calibrate the coax cable, set  
Rcal=>50ohm , 0 ohm, Open  
and check refracted waveforms

Systems Workshop Inc.  
369-164 SunaShinDen  
Kawagoe, Saitama 350-1137  
sysworks@saitama-j.or.jp

Page Size: A

## Easy test of Out-Z check. (time domain)

Revision: - http DEMO

Ocr 1, 1998

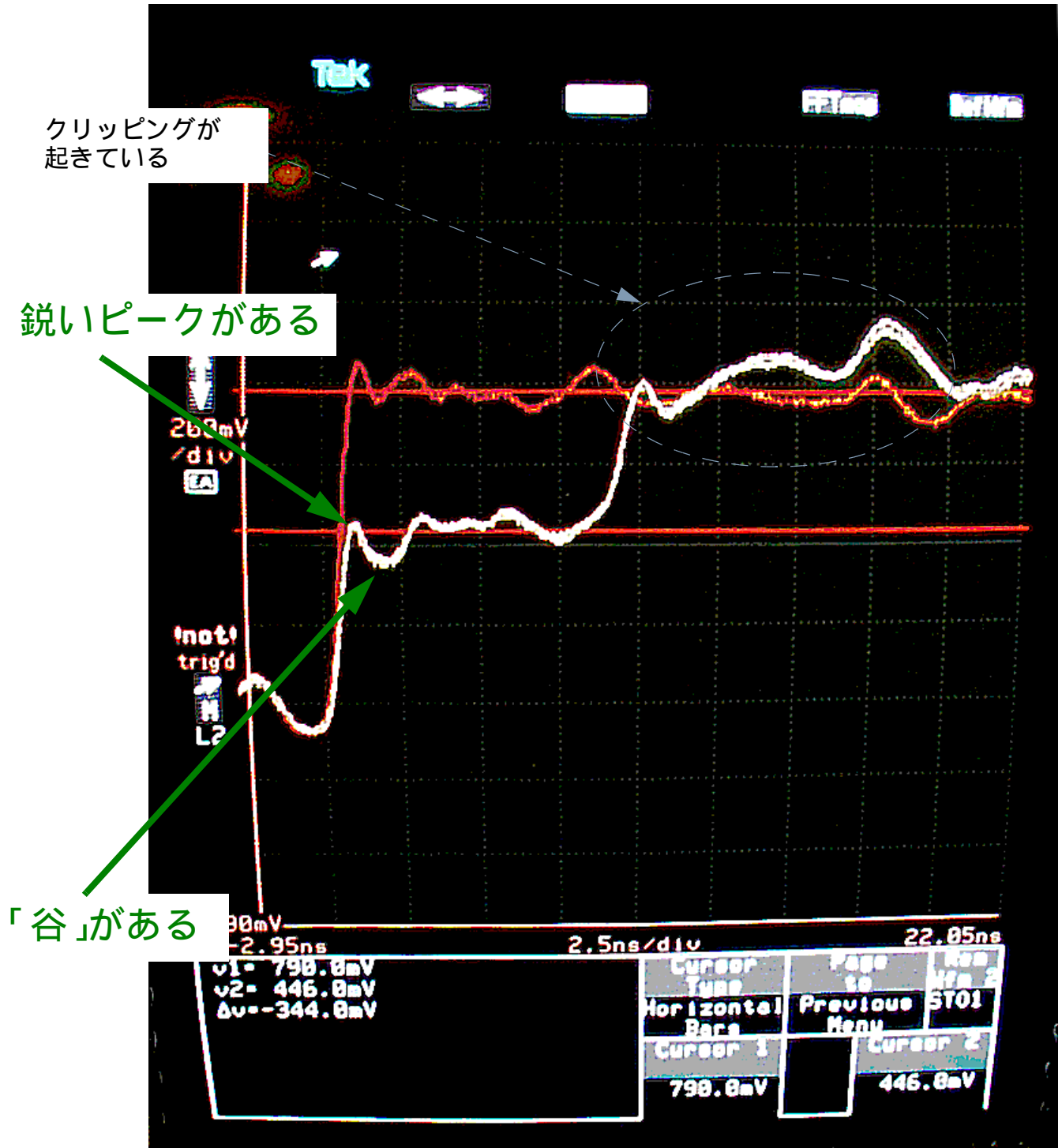
Page 1 of 1

## 実測した波形は

写真中、白で示される波形は、測定の開始時と終了時に保存したもので、プローブの中り方などの影響が無視出来る程度である事が読み取れるのではないかと思います。

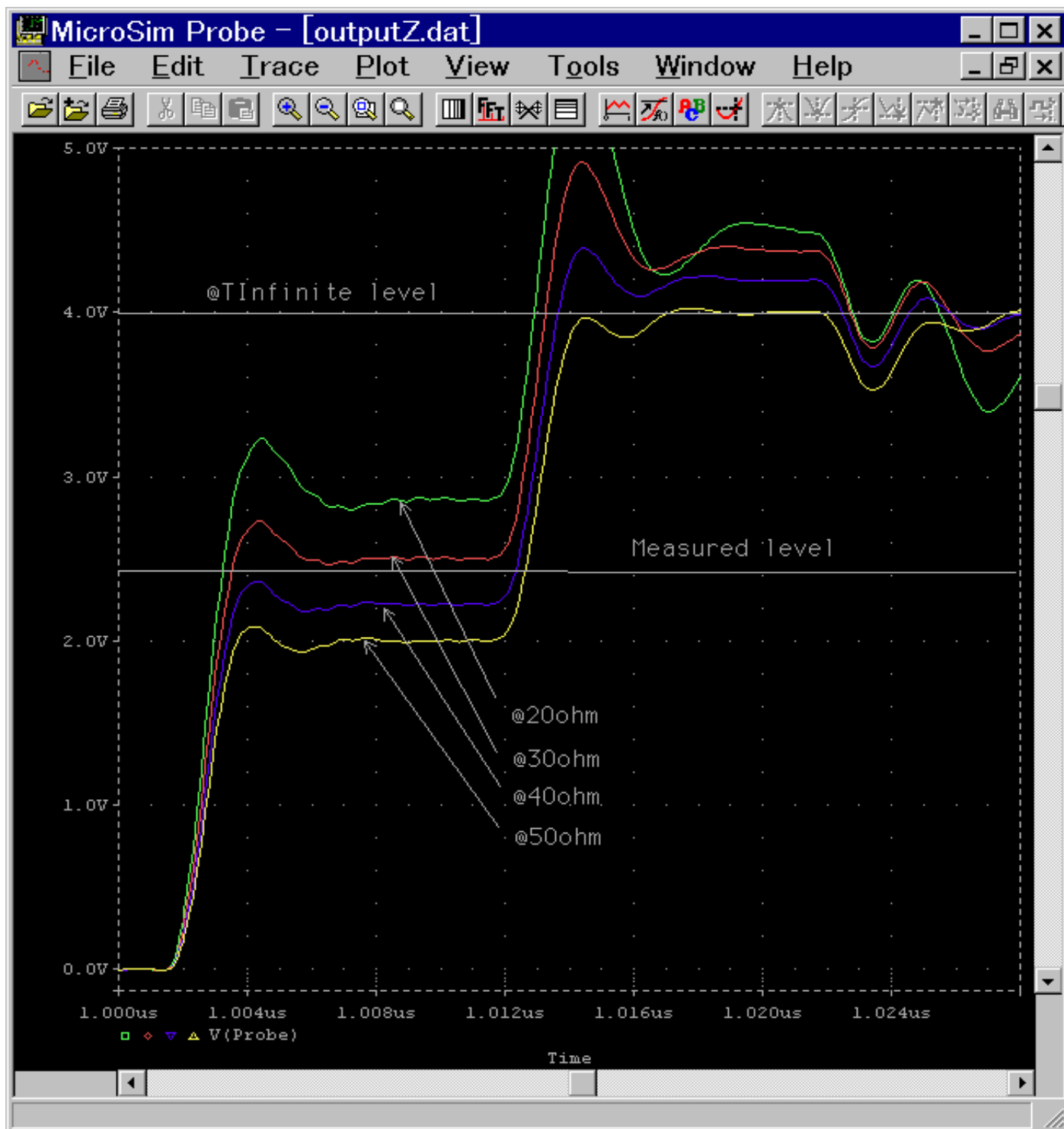
同、赤で示される波形は、負荷の同軸を除去した時の波形で、整定時の信号レベルを見たこととなります。

念のため、水平カーソルを置いて、過渡応答時の分割された信号レベルと、開放時の信号レベルを比較しておきました。



## Spiceでのシミュレーション結果

は以下の通りで、実測した波形での水平カーソルでの値をマーカーとしていれておきました。このデバイスの出力インピーダンスの近似値は約30程度であると読み取れるものと思います。



ただし、このモデルでは、実測した波形のピークを説明しようとしてL・Cパラメータを使った無理をしてあります。

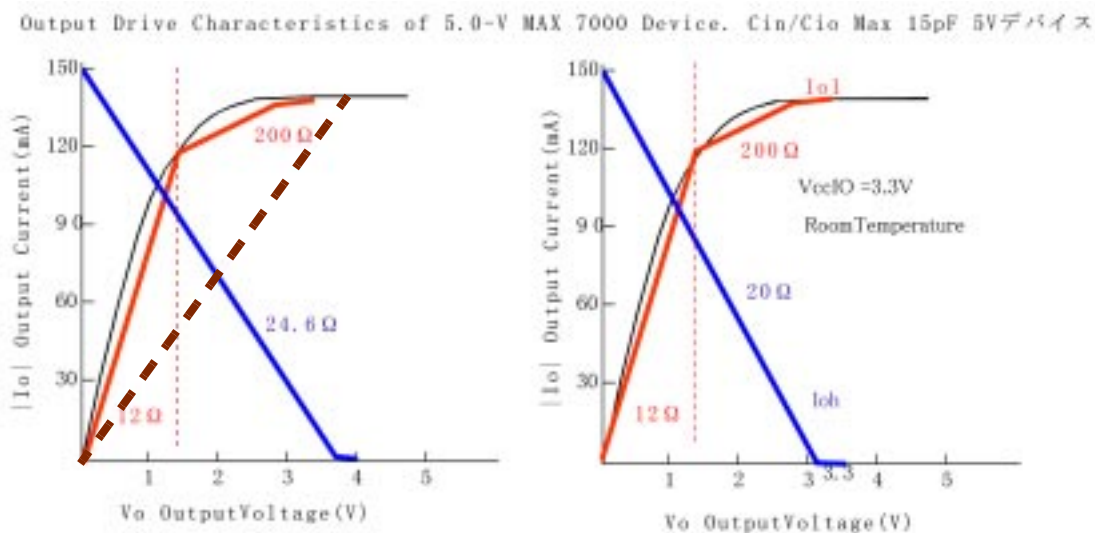
## まとめ

### データブックを見てみると

メーカーの資料が第一級資料である事に議論の余地はないものと思うのですが、基本的に与えられるデータはすべて代表値です。

どのように使うと有効になりそうか、をもう少しだけ見てみます。

データブックから資料を引用して見ますと



概算して得た等価出力インピーダンス値「 $30\ \Omega$ 」は図中に茶色で入れた動作線にほぼ該当する値に（ $4\ \text{V} / 133\ \text{mA}$  程度の勾配）なっています。

実測した波形で、最初の立ち上がりに鋭いピークが現れていますが、この点では、図中赤で示した  $12\ \Omega$  程度の出力抵抗の特性が現われているものと思います。

実測した波形にはそのピークの後で、一旦、「谷」つまり高い出力抵抗値に相当するものと思われる現象が現れています。これは図中の  $200\ \Omega$  に相当しているものと思われます。

S P I C E モデル作成時に、余り深く考えずに「ピークがあるから L」と短絡的に説明しようとした手抜きがあったのですが、本来はこの出力抵抗の特性を反映させるように信号源のモデル化に力をいれるべきだったかも知れません。

このようなモデルを S・NAP で作成する場合には、  
 「線形波形解析」ではなく、  
 「S P I C E」ライセンス

による解析が必要となりますが、果たして、どこまで厳密なモデルを作成する必要があるのかが重要なポイントになるものと思います。

忙しさにかまけて、簡単にできる事だから、余計になおざりにしてしまっている事柄がいつのまにか身のまわりに多くなってしまっているかも知れません。