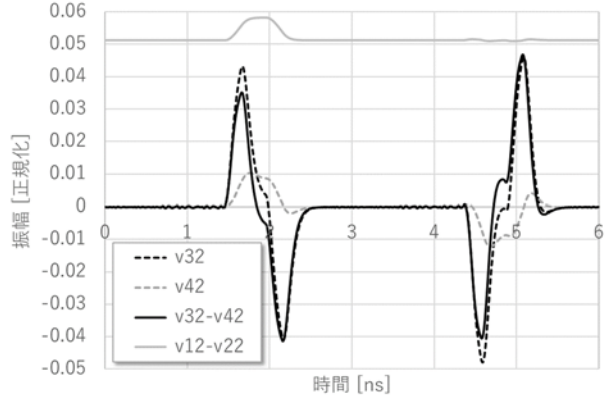


場所	誤	正	改版日
p.216 10.3 1行	式(10.9)のVは	式(10.11)のVは	2019.04.02
p.216 式(10.14)の下	$\lambda_1 \sim \lambda_4$ は, 式(10.7)の	$\lambda_1 \sim \lambda_4$ は, 式(10.9)の	2019.04.02
p.218 式(10.24)	$\frac{1}{1+j\omega C_{n1}R_{n1}}V_{0n1} = \frac{R_{n1}}{1+j\omega C_{n1}R_{n1}}I_n + V_n$	$\frac{1}{1+j\omega C_{n1}R_{n1}}V_{0n1} = \frac{R_{n1}}{1+j\omega C_{n1}R_{n1}}I_n(0) + V_n(0)$	2019.04.02
式(10.25)	$V_n = \frac{1}{1+j\omega C_{n2}R_{n2}}V_{0n2} + \frac{R_{n1}}{1+j\omega C_{n2}R_{n2}}I_n$	$V_n(l) = \frac{1}{1+j\omega C_{n2}R_{n2}}V_{0n2} + \frac{R_{n2}}{1+j\omega C_{n2}R_{n2}}I_n(l)$	2019.04.02
式(10.26)	$(1+j\omega C_{n1}R_{n1})V_n + R_{n1}I_n = V_{0n1}$	$(1+j\omega C_{n1}R_{n1})V_n(0) + R_{n1}I_n(0) = V_{0n1}$	2019.04.02
式(10.27)	$(1+j\omega C_{n2}R_{n2})V_n - R_{n1}I_n = V_{0n2}$	$(1+j\omega C_{n2}R_{n2})V_n(l) - R_{n2}I_n(l) = V_{0n2}$	2019.04.02
p.219 式(10.28) サフィックス誤記 2 箇所 $A_{1m} \rightarrow A_{m1}, A_{1m} \rightarrow A_{m2}$	$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{1m} + \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{1m} \right\} = V_{0n1}$	$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{m1} + \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{m2} \right\} = V_{0n1}$	2020.02.16
p.219 式(10.29) サフィックス誤記 5 箇所 $A_{1m} \rightarrow A_{m1}$ $R_{n1} \rightarrow R_{n2}$ (2 箇所) $e^{-j\omega\tau_1} \rightarrow e^{-j\omega\tau_m}$ $e^{j\omega\tau_1} \rightarrow e^{j\omega\tau_m}$	$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{1m} e^{-j\omega\tau_1} + \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{m2} e^{j\omega\tau_1} \right\} = V_{0n2}$	$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n2}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{m1} e^{-j\omega\tau_m} + \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n2}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{m2} e^{j\omega\tau_m} \right\} = V_{0n2}$	2020.02.16
p.223 図 10.12 の右図 間違いではないが, 周期を長くとして, 周期による反射の影響を回避した図を追加します.			2019.04.02

場所	誤				正				改版日		
p.224 表 10.3 表面層の容量は、無関係よりも一定+比例がふさわしいと考えます。		近端		遠端			近端		遠端		2019.04.02
	層	表面層	中間層	表面層	中間層	層	表面層	中間層	表面層	中間層	
	ξ_{23}	ξ_{23} に比例		複雑	小さい ξ_{23}^2 に比例	ξ_{23}	ξ_{23} に比例		複雑	小さい ξ_{23}^2 に比例	
	線長	無関係		線長に比例	無関係	線長	無関係		線長に比例	無関係	
	容量	無関係		無関係	容量に比例	容量	無関係		一定+比例	容量に比例	
p.224 10.5.6 削除	勘違いをしていました。申し訳ありません。この項(10.5.6. クロストークの重畳)は全面削除をお願いします。									2019.04.02	
p.242 2行	サフックス“1”を				サフィックス“1”を				2020.02.16		

p.218, p.219, p.223, p.224 の修正版を末尾に添付します。

改版履歴

2019.04.02 01 版

2020.02.16 02 版

$$I_m = \frac{1}{Z_m} \left(A_{m1} e^{-j\omega\sqrt{\lambda_m}x} - A_{m2} e^{j\omega\sqrt{\lambda_m}x} \right) \dots\dots\dots(10.23)$$

と表される．両式の右辺第1項は、いずれも進行方向に進む、いわゆる右行波を表し、第2項は、逆向きの左行波を表す．

10.4. 近端と遠端における境界条件

図 10.5 の n 番目の線路の、近端と遠端の境界条件により、8 個の積分定数 $A_{11}, A_{12} \sim A_{41}, A_{42}$ に関する連立方程式を立てる．

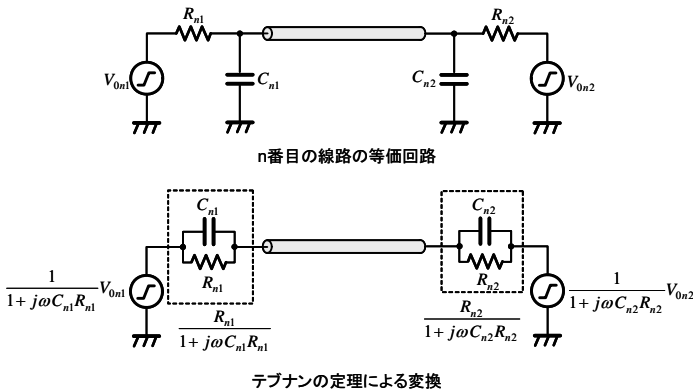


図 10.5 近端と遠端における境界条件

n 番目の線路の、近端の電圧を V_n 、電流を I_n とすると、

$$\frac{1}{1 + j\omega C_{n1} R_{n1}} V_{0n1} = \frac{R_{n1}}{1 + j\omega C_{n1} R_{n1}} I_n(0) + V_n(0) \dots\dots\dots(10.24)$$

であり、遠端は、

$$V_n(l) = \frac{1}{1 + j\omega C_{n2} R_{n2}} V_{0n2} + \frac{R_{n2}}{1 + j\omega C_{n2} R_{n2}} I_n(l) \dots\dots\dots(10.25)$$

である．これらを書き換えると、

$$(1 + j\omega C_{n1} R_{n1}) V_n(0) + R_{n1} I_n(0) = V_{0n1} \dots\dots\dots(10.26)$$

$$(1 + j\omega C_{n2} R_{n2}) V_n(l) - R_{n2} I_n(l) = V_{0n2} \dots\dots\dots(10.27)$$

となる.

近端では、伝搬モードの近端の電圧、電流の式(10.22)および式(10.23)に、 $x=0$ とおいて、式(10.14)および式(10.15)に代入し、これらと式(10.26)および式(10.27)により、線路 n に対して、

$$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{m1} + \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n1}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n1} R_{n1} \right) A_{m2} \right\} = V_{0n1} \dots\dots(10.28)$$

が成り立つ. 次に、遠端も同様に、 $x=l$ 、 $\tau_m = \sqrt{\lambda_m} l$ とおくと、

$$\sum_{m=1}^4 \left\{ \left(a_{nm} - b_{nm} \frac{R_{n2}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{m1} e^{-j\omega\tau_m} + \left(a_{nm} + b_{nm} \frac{R_{n2}}{Z_m} + j\omega a_{nm} C_{n2} R_{n2} \right) A_{m2} e^{j\omega\tau_m} \right\} = V_{0n2} \dots\dots(10.29)$$

となる. 上式は、線路 $n=1\sim 4$ に対して、8 個の積分定数 $A_{11}, A_{12} \sim A_{41}, A_{42}$ に関する連立方程式である.

線路 1 および 2 を駆動線路対とし、線路 3 および 4 を受動線路対として、 $V_{011} = +1$ 、 $V_{021} = -1$ 、 $V_{031} = V_{041} = 0$ 、遠端は、すべて $V_{0n2} = 0$ として方程式を解いて積分定数を求める. これらを式(10.22)に代入し、さらに、これを式(10.14)に代入することによって、各線路上の電圧を求めることが出来る. これらは周波数関数であり、これらを高速フーリエ逆変換 (iFFT) することにより時間応答を求めることが出来る.

10.5. 計算例

10.5.1. ドライバの出力抵抗とクロストーク

差動伝送のドライバは、電流源の LVDS、電圧源の PECL および整合ドライバの CML があることは前に述べた.

10.5.4. 近端, 遠端の容量の影響

前項で, 中間層の各伝搬モードの遅延時間は等しいと述べたが, 各モードの特性インピーダンスが異なるため, 近端, 遠端の静電容量との時定数によって, 立ち上がり波形がなまる. そのなまり方は, 特性インピーダンスが大きいモードほど顕著である. そのため, 各モード間で遅れの差が生じる.

表 10.2 は, 各モードの特性インピーダンスと係数の例であるが, 上記遅れの差に, 各モードごとの振幅を係数として 1 次結合される際に, 「ひげ状」のノイズが生じる.

したがって, 遠端のクロストークは, 容量に対して増大する. 図 10.11 に, 近端と遠端に静電容量を接続したときの容量に対するクロストークの振幅を示す. 容量と ξ_{23} とにほぼ比例していることが分かる.

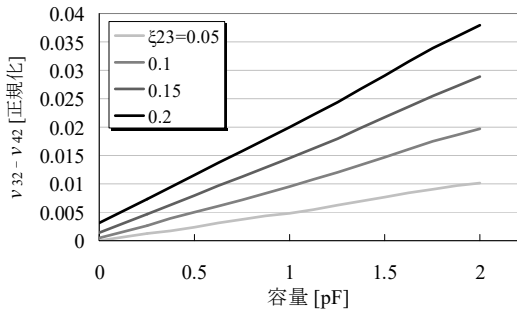


図 10.11 近端・遠端の容量と遠端のクロストーク

図 10.12 に, この容量の有無によるクロストークの波形の違いを示す.

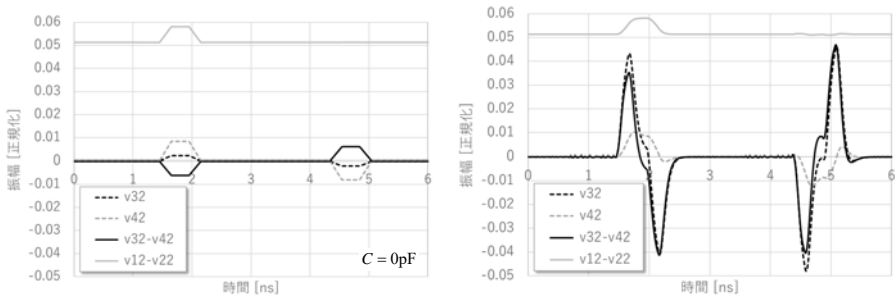


図 10.12 近端・遠端の容量によるクロストーク

なお、表面層の場合は、各モードの遅延時間の違いが支配的なので、容量にはほとんど依存しない。

10.5.5. 差動伝送クロストークのまとめ

以上の解析結果を、表 10.3 にまとめて示す。表面層の遠端クロストークの ξ_{23} との関係や、中間層の遠端クロストークの容量との関係は、

表 10.3 差動伝送クロストークのまとめ

層	近端		遠端	
	表面層	中間層	表面層	中間層
ξ_{23}	ξ_{23} に比例		複雑	小さい ξ_{23}^2 に比例
線長	無関係		線長に比例	無関係
容量	無関係		一定+比例	容量に比例

これまであまり認識されてなかったようである。特に遠端のクロストークに関しては、線路損失も考慮する必要があるし、信号の立ち上がり時間にも影響を受けるので、実際の回路定数で十分な解析をする必要があると考える。