

## 長距離ビデオ伝送装置の試作

長いケーブルを使ってビデオ信号を伝送する装置（ビデオ・ドライバ、ビデオ・レシーバ）を試作しました。ここでは、200m 長のツイストペア・ケーブルを用いました。

ツイストペア・ケーブルを使用するので、ビデオ・ドライバはシングルエンド入力、差動出力、ビデオ・レシーバは差動入力、シングルエンド出力とし、ケーブルによる高域の損失を補償します。

下記を参考にして進めます。

AN-1240 Video Transmission Over Twisted Pair Wire (TEXAS INSTRUMENTS)

<http://www.ti.com/jp/lit/an/snoa422c/snoa422c.pdf>

### 回路

基本回路は上記 AN-1240 を参考にします。

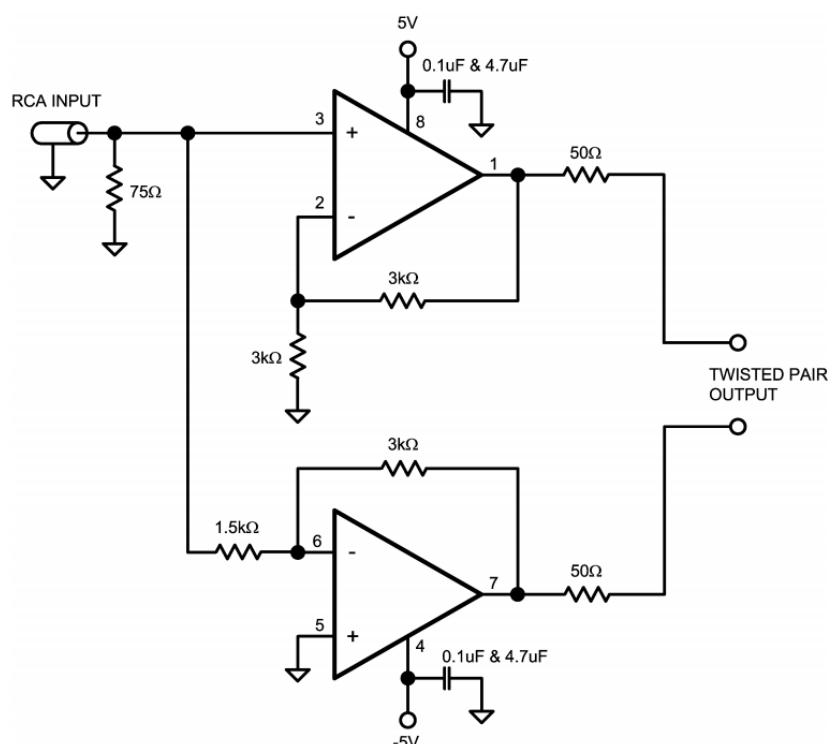


図1. ビデオ・ドライバ（上記記載の資料より引用）

ビデオ・ドライバの回路は、ビデオ信号を非反転増幅回路で2倍、反転増幅回路で-2倍の2つの出力でツイストペア・ケーブルをドライブしています。

ツイストペア・ケーブルの特性インピーダンスが約100Ωなので、各増幅回路の出力インピ

ーダンスはその半分の 50Ωとしています。

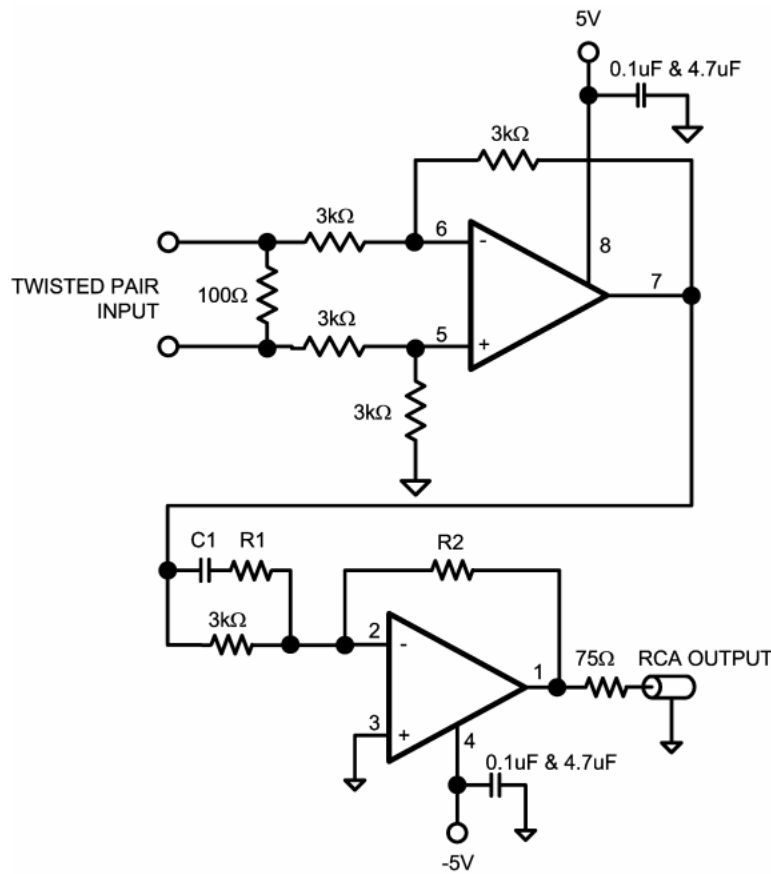


図2. ビデオ・レシーバ (上記記載の資料より引用)

ビデオ・レシーバは、差動増幅回路でシングルエンド信号に変換して、高域強調回路を通して、ケーブルの損失分を補償しています。

入力インピーダンスは、ツイストペア・ケーブルの特性インピーダンスに合わせて、100Ωとしています。

高域強調回路は、オペアンプを用いて微分特性を実現するもので、一般的な方法です。

### 高域強調回路

図2の高域強調回路部のゲイン(C1の左側からオペアンプの1ピンまで)Gは、

$$G = \frac{R_2}{3k\Omega} + \frac{R_2}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_2}{3k\Omega} \cdot \left(1 + \frac{j\omega C_1 \cdot 3k\Omega}{1 + j\omega R_1 C_1}\right) = \frac{R_2}{3k\Omega} \cdot \frac{1 + j\omega C_1 (R_1 + 3k\Omega)}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

周波数特性は図3のようになります。

ここで、 $f_1$ と $f_2$ を決めてやれば、 $R_1$ と $C_1$ を決定できます。

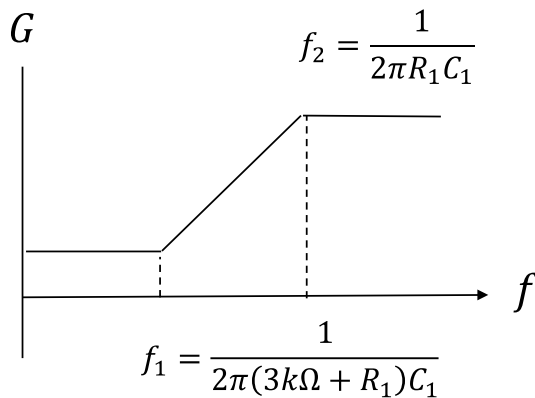


図 3. 高域強調回路の周波数特性

### ツイストペア・ケーブル

補償回路の定数を決定するためには、ケーブルの特性を知る必要があります。図 4 は、ツイストペア・ケーブルの損失を 4-port ネットワーク・アナライザで測定したものです。

300kHz 付近で 3dB 減衰しているのがわかります。

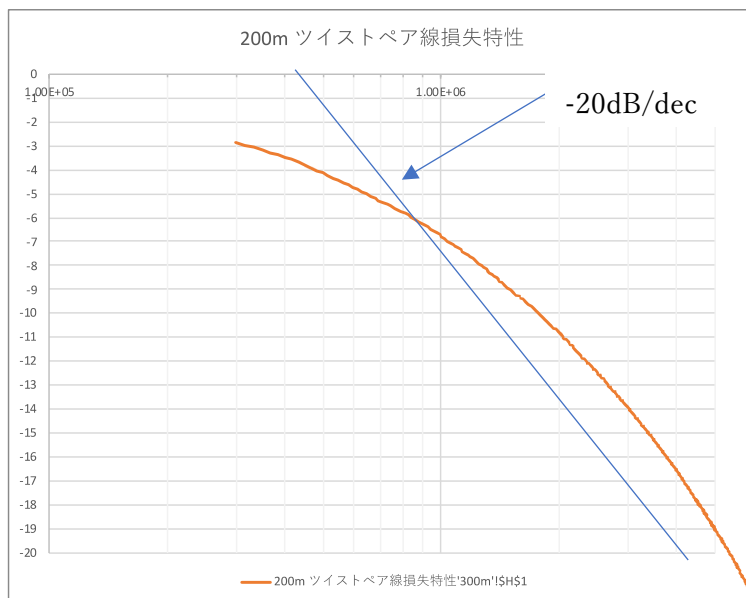


図 4. 200m ツイストペア線の損失特性

### 検討

目安として、 $f_1 = 300kHz$ 付近だと予想されます。

また、図 4 には傾きが $-20dB/dec$ のラインを入れてますが、このラインを動かしてみると、 $f_1 = 300kHz$  は過補償で、 $f_1 = 400kHz \sim 500kHz$ がバランスが良さそうです。

また、図4から $f_2$ は3MHz程度以上と思われるので、 $3k\Omega \gg R_1$ として考えます。  
したがって、 $f_1$ を決めてやると $C_1$ が決まり、 $R_1$ はカットアンドトライで決めるのが自然に思  
います。

## 試作機

図5および図6のモジュールを試作して、測定しました。

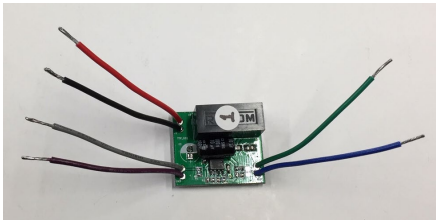


図5. ビデオ・ドライバ基板

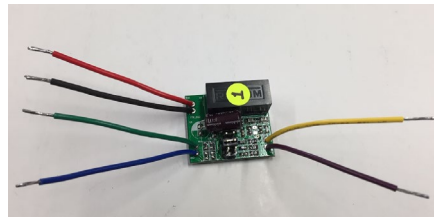


図6. ビデオ・レシーバ基板

## 測定

今回は、digilent の analog discovery 2 のネットワーク・アナライザ機能を利用しました。  
高域強調補償をしない場合 ( $C_1$ 、 $R_1$ が無い場合) の特性が図7です。  
非常に素直な特性です。-3dB 周波数は約 550kHz です。

図4の測定で使用したネットワーク・アナライザは 300kHz 以下を測定できないので、今回  
の測定結果を優先させます。

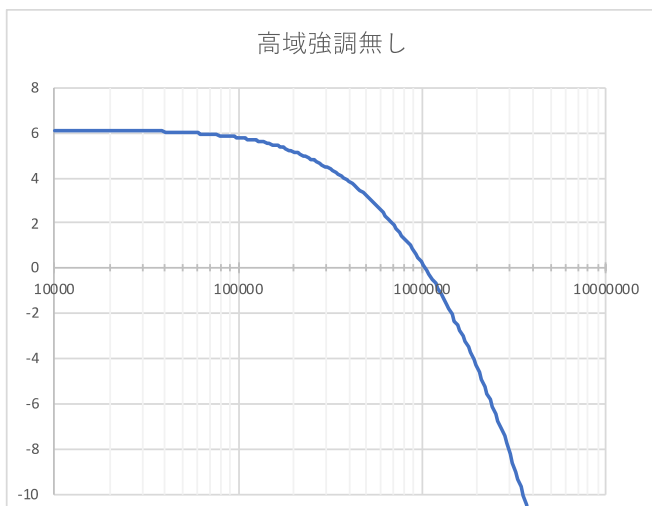


図7. 高域強調しない場合の周波数特性

まずは、 $C_1$ を決定します。先の検討結果より、

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 550\text{kHz} \cdot 3\text{k}\Omega} = 96.5\text{pF} \cong 100\text{pF}$$

を  $3\text{k}\Omega$  に並列に挿入しました。(下図 8 参照)

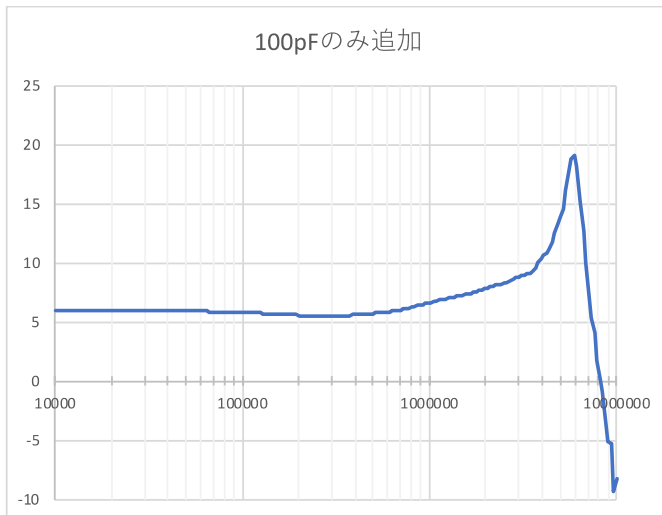


図 8.  $100\text{pF}$  のみを  $3\text{k}\Omega$  に並列に追加した場合の周波数特性

発振しそうな雰囲気の特徴です。 $R_1$ が無いからだと思います。

$1\text{MHz}$  付近まではほぼフラットで、 $3\text{MHz}$  付近で約  $3\text{dB}$  上昇しているので、

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_1 \cdot 100\text{pF}} = 3\text{MHz}$$

より

$$R_1 \cong 560\Omega$$

を追加します。(図 9 参照)

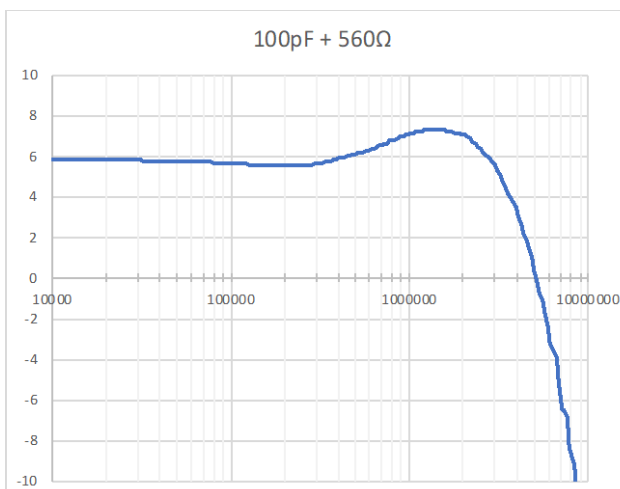


図 9.  $R_1 = 560\Omega$ 、 $C_1 = 100\text{pF}$  の場合の周波数特性

これで十分かと思いますが、少しカットアンドトライをして下の図 10 を得ました。

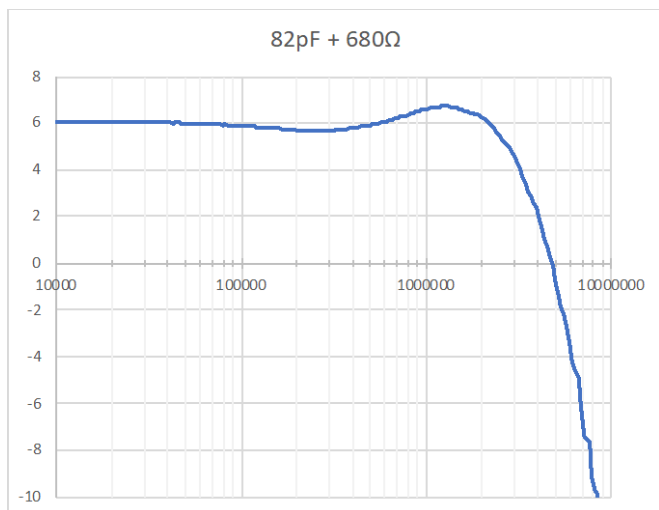


図 10. カットアンドトライ後の最終特性

#### 補足

今回のビデオ信号は NTSC 信号なので、3.58MHz 付近の減衰を抑えながら、素直な周波数特性を目指しました。

図 9 のように、もう少し高域を強調させたり、あるいは他のオペアンプを使用するという選択肢もあると思います。