

MP1900A 32 Gbaud PAM4ソリューション

シグナル クオリティ アナライザ-R MP1900Aシリーズ



シグナル クオリティ アナライザ-R MP1900Aシリーズは、拡張性の高い 機器構成、PAM4 Convert/Decode機能によるリアルタイムBER測定、 または、エラーディテクタによるシーケンシャルPAM4 BER測定により、 400GbE用トランシーバやデバイスの検証効率化に貢献します。 本書は、MP1900Aシリーズによる32 GbaudまでのPAM4信号発生と、 32Gbaud PAM4 Decoder with CTLE G0376Aを使ったリアルタイムBER 測定方法、21G/32G bit/s SI ED MU195040Aによるシーケンシャル PAM4 BER測定方法を説明します。

G0375A/G0376AリアルタイムBER測定

G0375A/G0376A 32Gbaud PAM4 BERソリューション概要



<u>PRBS31QパターンのPAM4 BER測定に対応</u>

- DUTに近接可能な小型リ モートヘッド
- マルチチャネル
- 優れた拡張性、PAM4/NRZ 対応
- <u>3.9 Vp-p(差動) PAM4出力</u>
- <u>10タップエンファシス</u>
- ・ <u>クリーンEye/低ジッタ</u>
- Tr/Tf 14ps(代表値) (PAM4出力)

- <u>CTLE 14 GHz、12 dB</u>
- <u>クロックリカバリ</u> (MU195040A EDによる)
- <u>高入力感度40mV(EH)</u>
- True PAM4 BER 測定

G0375AおよびG0376Aを使ったPRBS31Qエラーフリーセットアップ



(*1) J1728A または低損失ケーブル

32Gbaud PAM4 BER測定 機器リスト

Model	Name	Option	Qty	Remark
G0375A	32Gbaud Power PAM4 Converter	-	1	
G0376A	32Gbaud PAM4 Decoder with CTLE	-	1	
MP1900A	シグナル クオリティ アナライザ-R	-	1	
MU181000B	12.5GHz 4ポートシンセサイザ	-	1	
MU181500B	ジッタ変調源	-	1	ジッタ付加用
MU195020A	21G/32G bit/s SI PPG	001, 020, 021, 031	1	
MU195040A	21G/32G bit/s SI ED	001, 020, 022	1	
41KC-6	Fixed Attenuator 6 dB		4	
J1439A	Coaxial Cable (0.8m, K connector)		1	
J1728A	Electrical Length Specified Coaxial Cable (0.4m, K connector)	-	(2)	波形モニタ用ケーブル
MX183000A PAM Control	PAM4 Control		1	標準ソフトウェア
MX183000A- PL001	Jitter Tolerance Test		1	ジッタ耐力試験向け



G0375A 32Gbaud Power PAM4 Converter + MU195020A 21G/32G bit/s SI PPG

項目	規格	備考
出力数	2 (Data、xData)	AC結合
Baud率	10~32.1 Gbaud	
出力振幅	0.3~1.95 Vp-p(Single-end、代表 値)	Data1入力 : 0.2~1.3 Vp-p Data2入力 : 0.1~0.65 Vp-p
ランダムジッタ (rms)	200 fs(代表值)	
Tr/Tf (20~80%)	14 ps(代表值)	MU195020A SI-PPGを使用時
Eyeリニアリティ (RLM)	0.6~1 調整可能	
入力数	4 (Data1、xData1、Data2、 xData2)	3 Eye独立レベル制御でData3および J1735A(差動用に2台)を使用
最大入力振幅	1.5 Vp-p (Data1、xData1) 0.75 Vp-p (Data2、xData2)	
入出カコネクタ	K (f)	

Rx代表規格

G0376A 32Gbaud PAM4 Decoder with CTLE + MU195040A 21G/32G bit/s SI ED

項目		規格	備考
	入力数	2 (Data、xData) 1 (External Clock)	Kコネクタ(f)
	Baud rate	10~ 32.1 Gbaud(DFF ONモード) 10~ 28.1 Gbaud(DFF OFFモード)	Ext clock入力でMU19040Aを使用 MU195040A-022のCDRを使用
Decoder	データ入力振幅	0.4 Vp-p(代表値) 0.5 Vp-p(最大値)	Single-ended
	データ入力感度	40 mV(代表値)	28 Gbaud、Per Eye、Eye Height、 Single-ended (E-6)
	クロック入力周波数	10~32.1 GHz(DFF ONモード)	Full-rate clock
	クロック入力振幅	0.3~1.0 Vp-p	外部クロック入力
	出力数	3 (Data1、Data2、Monitor Data)	Kコネクタ (f)
	データ出力レベル	0/~0.3 V(代表值)	
	Internal DFF	ON/OFF選択可能	D-FF ONモードの場合、外部クロックを使用
	入力数	2 (Data、xData)	Kコネクタ (f)
	入力振幅	0.4 V(最大値)	
CTLE	CTLE Gain	-12~0 dB調整可能	
	CTLE ピーク周波数	14 GHz(代表值)	
	出力数	2 (Data、xData)	Kコネクタ(f)

機器のセットアップ(1/2)



MX183000Aソフトウェアの [Application Selector] から[PAM4 Control]を選択して、[Start]をクリック します。

MX183000A - PAM4 Control File Setup Help	
Equipment Setup	
Connection Guide G0375A 🔹	MP1800A/MP1900A
MU181000A/B	✓ No.1
MU181500B J1508A	TCPIP0::127.0.0.1::5001::SOCKET
	□ No.2
MU183020A / MU195020A	TCPIP0::192.168.2.101::5001::SOCKET -
	□ No.3
	TCPIP0::192.168.2.101::5001::SOCKET •
	Search Start Connect

[Search Start]をクリックすると、ソ フトウェアが機器を検索して、現在接 続されている機器を接続機器表示エリ アに表示します。

機器のセットアップ(2/2)

MX183000A - PAM4 Control	×
File Setup Help	
Equipment Setup	
Connection Guide G0375A	MP1900A Jitter MU181500B(No.1:Unit1:Slot4)
	External Att 6dB GdB recommended
MU183020A / MU195020A	Use Noise Generator ED MU195040A Data1,2(No.1:Unit1:Slot6) • G0376A None •
MU183040B/MU195040A	Select MP1900A Connect

- 使用するユニット番号のJitter、PPG、EDを各選択リストから選択します。
- G0375AおよびG0376AのUSB COMポートを選択します。 * 試験にJitter、PPG、またはEDを使用しない場合は、 [None]を選択します。
- PPGとG0375Aの間に6 dB減衰器を使用する場合は、 External Att値に[6dB]を設定します。 (SNDRまたは SNR ISIの評価には 6 dB減衰器を推奨)

[Use Noise Generator]について

MX183000A - PAM4 Control	×
File Setup Help	
Equipment Setup	
Connection Guide G0375A	MP1900A Jitter MU181500B(No.1:Unit1:Slot4)
	PPG1 MU195020A Data1,2(No.1:Unit1:Slot7) External Att 6dB 6dB recommended
MU183020A / MU195020A	 ✓ Use Noise Generator ED MU195040A Data1,2(No.1:Unit1:Slot6) ▼ G0376A None ▼
MSB LSB MU183040B/MU195040A	Select MP1900A Connect

Noise Generator MU195050Aを使用する場合は、 Equipment Setupタブで [Use Noise Generator]チェックボックスをチェックします。

PRBS31Qエラーフリーセットアップ (<u>MU195050Aを使用</u>)



(*1) J1728Aまたは低損失ケーブル

[Total Amplitude]および[Pattern]の設定

MX183000A - PAM4 Control					
File Setup Help					
Equipment	t Setup PAM4 Control				
тх	PAM4 Variable Middle Eye	-			
Emphasis Mido	Emphasis Setting V Tracking Middle Upper/Lower				
Output	OFF Default				
Total Am	nplitude 400 🚔 mV Range 106 - 666 r	nV			
	133 mV 33 % 67∳ mV 134 mV 34 %				
Data Delay 0 mUI Eye Skew					
Pattern	GrayPRBS13Q-IEEE200G_400G[Draft2]				
View	Full (TX & RX) - 26.562500 Gbaud	I			

Total Amplitudeを設定し、測定に使用する試験パ ターンを選択します。 Outputを[ON]に設定します。

MSBとLSBの間のPAM4 スキュー調整



MSBとLSBの間のPAM4スキューを調整するために、オシロスコープでG0375Aの出力波形を観測しながら、 Eye SkewでData1とData2の間のスキューを調整します。

- Data 1 のOutputを[ON]、Data 2のOutputを[OFF]に設定し、オシロスコープ画面のクロスポイントに遅延 マーカを設定します。

- Data 2のOutputを[ON]、 Data 1 のOutputを[OFF]に設定します。クロスポイントの位置がマーカと合う ように、Data 2のスキュー値を調整します。調整が終了したら、Data 1のOutputを[ON]に設定します。 - Eye Skewのチェックマークを外して、スキュー設定画面を閉じます。

エンファシス設定

Emphasis SettingのTrackingチェックボックスをチェックし、Middleボタンを押すと、Data1 (MSB)のエンファシス設定を行うことができます。また、Trackingのチェックにより、 Data2(LSB)へ自動的に同じ値が設定されます。

エンファシス設定後、"Return to MX183000A"ボタンを押すと、MX183000AのPAM4 Control 画面へ戻ります。

		ontrol	PAM4 C	uipment Se
ye 👻	le Middle Eye	Variab	PAM4 -	тх
		cking ver	ug 🔽 Tra	Emphasis Sett Middle
t	Default		OFF	Output
4 - 976 mV	Range 154	🗘 mV	de 450	Total Amplit
5 mV 5 🛖 mV	225	33 %	150 mV	X
5 ⊕ mV	-75	33 %	150 mV	
5 mV	-225	33 %	150 mV	Data Delay
		1	31	ttern PRB
7	a 000000		31	ttern PRB

Data1のエンファシス設定画面

[7] 21G/32G SI PPG Dat	al 🔻 c: 0N			
Output Emphasis Pattern Error Addition Pre-Code Misc1 Misc2				
Preset				
File Operation	Recall Store Initialize			
Standard 🖻	USER V Preset7			
_Output				
Emphasis Function (B ON ▼ Pre-Emphasis ▼			
Amplitude	0.432 Vpp			
	_Output Monitor			
Pre dB 🖻				
Cursor3 0.000	Simulated Pulse[Vpp]			
Cursor2 0.000	Va (0.473)			
Cursorl 1.000	Vb 0.432			
Post	Vc 0.432			
Cursorl 0.800	Vd (0.432)			
Cursor2 0.000	Ve 0.432 Va Vb Vc Vd Ve Vf Vg Vh Vi Vj			
Cursor3 0.000				
Cursor4 0.000	vh 0.432			
Cursor5 0.000	Vi (0.432)			

G0375A with MU195020A PPG PAM4代表波形

28 Gbaud、0.9 Vp-p (Single-end)



帯域70 GHz、残留ジッタ200 fs rms未満の オシロスコープを使用

BER測定手順

- 1. MX183000A PAM4 Controlを開始します。
- 2. 前のスライドを参照しながら、G0375Aの振幅、エンファシス、スキュー、パターンを調整します。パターン設定はTx、Rx両方に同じパターンが設定されます。
- 3. ループバックパフォーマンスチェックの場合は、G0375A出力をG0376A Decoderの入力 に直接接続します。
- 4. DFFを[ON]に設定するようにします。



- 入力条件が差動の場合は、 Input Conditionを [Differential]に設定するようにします。
- [DFF Auto Search]チェッ クボックスにチェックマー クをつけます。
- Start PAM4 Auto Search をクリックします。
- 8. BER Resultをクリックして 測定結果を表示します。

代表的な設定およびBER結果

26.5625Gbaudおよび28Gbaudで、G0375AからG0376Aデコーダ入力への ループバック接続時のエラーフリーとなる推奨設定は、以下のとおりです。

	MU195020A+G0375A Tx構成	MU195020A+ <u>MU195050</u> <u>A</u> +G0375A Tx構成	
G0375A出力振幅	400mV (Single-end) 800mV (Differential)		
パターン	PRBS31Q		
スキュー調整	100mUI以下		
Emphasis Pre-cursor1	0.0 dB at 26.5625 G/ 0.8 dB at 28 G	1.0 dB at 26.5625 G/ 1.8 dB at 28 G	
Emphasis Post cursor1	0.0 dB at 26.5625 G/ 0.2 dB at 28 G	0.8 dB at 26.5625 G/ 1.0 dB at 28 G	
G0376A DFF On/Off	DFF On		
G0376A入力条件	Differential		
エラー結果	26.5625Gおよび28Gでエラーフリー		

MU195040Aエラーディテクタの PAM4シーケンシャルBER測定

<u>ジッタ耐力試験のための</u>G0375AおよびMU195040A EDのセットアップ

MU195040A PAM4 シーケンシャル測定を使用してPAM4ジッタ耐力試験に対応



注: クロックリカバリには、xData出力をED のxData1入力に接続します。 連続測定には、Data出力をEDのData2入力に接続します。

Rx代表規格

MU195040A 21/32Gbit/s SI EDデータ入力

項目	仕様	備考
入力数	2 (Data、xData)	Kコネクタ(f)
データ入力振幅	0.3~1.0 Vp-p (≦28.1 Gbaud) 0.4~1.0 Vp-p (> 28.1 Gbaud)	Single-ended
データ入力感度	120 mVp-p、40 mVp-p/Eye (代表値、 21 Gbaud) 150 mVp-p、50 mVp-p/Eye (代表値、 28.1 Gbaud)	Eye振幅、PRBS15、Single-ended、 CTLE Off
	24 mV/Eye(代表値、21 Gbaud) 26 mV/Eye(代表値、28.1 Gbaud)	Eye height、PRBS15、Single-ended、 CTLE Off
位相マージン	Middle Eye 8 ps(代表値25 Gbaud) 5 ps(代表値28 Gbaud) Upper EyeおよびLower Eye 5 ps(代表値25 Gbaud) 3 ps(代表値28 Gbaud)	0.5 Vp-p入力、エンファシス制御 (1Pre<=3 dB、1Post <=1 dB)、 PRBS15、Single-ended、 CTLE Off
	Middle Eye 20 ps(代表値25 Gbaud) 15 ps(代表値28 Gbaud) Upper EyeおよびLower Eye 20 ps(代表値25 Gbaud) 15 ps(代表値28 Gbaud)	Eye width 0.5 Vp-p入力、エンファシス制御 (1Pre<=3 dB、1Post <=1 dB)、 PRBS15、Single-ended、CTLE Off



MX183000A - PAM4 Control	X
File Setup Help	
Equipment Setup	
Connection Guide G0375A	MP1900A Jitter MU181500B(No.1:Unit1:Slot4)
	(PPG1
MU181500B J1508A	MU195020A Data1,2(No.1:Unit1:Slot7)
	External Att 6dB
MU183020A / MU195020A	Use Noise Generator
	ED MU195040A Data1,2(No.1:Unit1:Slot6)
	G0376A None 🔻
	Select MP1900A Connect

- 使用するユニット番号のJitterおよびPPGを、それぞれのリストから選択します。 *試験にジッタを使用しない場合は、[None]を選択します。
- [G0375A]を選択します。
- EDおよびG0376Aの選択リストから[None]を選択します。
- PPGとG0375Aの間に6 dBの減衰器を使用する場合は、 External Att値に[6 dB]を設定します。

測定手順(1/2)

- 1. 前の説明を参照し、G0375Aの振幅、エンファシス、スキュー、パターンを設定します。
- 2. MU195040A BER measurementのOperate MP1900Aボタンをクリックします。
- 3. EDの Combination settingを[Independent]にします。
- Data1のInputタブにおいて、ClockのSelectionで[Recovered Clock]を選択し、DataのInput Conditionで[Single-Ended]および[Xdata]を選択します。Bitrate設定がPPG設定と同じにな るようにします。
- 5. Data2のInputタブにおいて、DataのInput Conditionで[Single-Ended]および[Data]を選択 します。
- 6. クロック再生するために、Data1 Inputに対してのみAuto Adjustを開始します。

[6] 21 G/32G SI EL Datal 🔻 C 🔘 S 🔘 E 🔘 🕨 Start 🔳 Stop 🖙 ON	[6] 21G/32G SI EL Data2 ▼ C 🜑 S 🜑 E 🜑 🕨 Start 🔳 Stop 🔤 ON
Result Measurement 🖸 Pattern 🕼 Input Capture Miscl	Result Measurement 🖸 Pattern 😰 Input Capture Miscl
Data	Data Input Condition C Single-Ended
Data Threshold	Data Threshold I 0.000 V Termination I GND I 0.000 V
XData Threshold I 0.100 V CTLE I OFF	XData Threshold II V CTLE II OFF
Clock: Recovered from Data1 Input	Item Threshold&Phase
Bitrate Variable Construction of the construction of the constru	Slot Selector Slot ON/OFF Slot6-1 ED ON Slot6-2 ED OFF

測定手順(2/2)

- 7. AUTO MEASをクリックし、画面右側の自動測定サイドメニューバーにリストされているPAM4 BERを クリックします。
- 8. PatternでED試験パターンを選択します。PPGと同じパターンを使用します。
- 9. Auto Searchで[PAM Fine]、 Moduleで[Data2]を選択します。
- 10. Startをクリックして、PAM4シーケンシャルBER測定を開始します。

- A			
	Divide Screen	odule System ettings Alarm	BERT AUTO MEAS
Serial			
_Measurement (Condition		
			Change the PPG Combination settling to
Time	Repeat	▼ 00:00:01	Operation: Combination
Pattern	PRBS15		Combination: 2ch
Auto Search	PAM Fine		
Module			
	Unit1-Slot6-Data2		
_Result			
	Thresh old	Phase	Error Rate Error Count Alarm
	Data XDat	ta	
Upper ON	V	V mUI	
Middle ON] V	V mUI	
Lower ON	V	V mUI	



Output					
Emphasis Function 🖸 ON 🛛 🔍 Pre-Emphasis					
Amplitude	0.300 Vpp				
Output Monitor					
Pre dB 🖸					
Cursor3 0.000	Simulated Pulse(Vpp)				
Cursor2 0.000	Va 0.300				
Cursorl 0.000	Vb 0.300				
Post	Vc 0.300				
Cursor1 0.000	Vd 0.300				
Cursor2 0.000	Ve 0.300 Va vb vc vd ve vf vg vh vi vj				
Cursor3 0.000	Va 0.300				
Cursor4 0.000	vh (0.300)				
Cursor5 0.000	Vi 0.300				
Cursor6 0.000	Vj 0.300				

1. PPG設定画面でEmphasisタブに移動します。

2. [Pre-Emphasis]を選択し、エラー率が下がるようにData1およびData2の出 カの Pre-Cursor1を調整します。一般的にはData1およびData2の設定は同じ です。

3. Data1およびData2のPost-Cursor1も調整します。

代表的な設定およびBER結果

26.5625GbaudでG0375AからMU195040A ED入力へのループバック接続時の エラーフリーとなる推奨設定は、以下のとおりです。

	設定およびBER結果
G0375A出力振幅	600 mV (Single-end)
パターン	PRBS13Q、PRBS15
スキュー調整	100 mUI以下
Emphasis Pre-cursor1	1.0 dB at 26.5625 G/ 1.8 dB at 28 G
Emphasis Post cursor1	0.8 dB at 26.5625 G/ 1.0 dB at 28 G
MU195040A Data1入力	入力条件: Single-end、xData クロック入力: Recovered Clock Auto Adjust: Data1 On
MU195040A Data2入力	入力条件:Single-end、Data
PAM4 BER自動測定	条件: Unit xx-Slotxx-Data2
エラー結果	26.5625Gおよび28Gでエラーフリー





公知