

LI5600シリーズ

デジタルロックインアンプ

DIGITAL LOCK-IN AMPLIFIER

高速応答・広帯域・高安定度



高速・高感度測定で、広がる応用分野

- 走査型プローブ顕微鏡
- スピントロニクス
- 超音波診断装置
- テラヘルツ分光
- 光透過率測定
- 光吸収度測定
- ホール係数測定
- ジャイロセンサ
- セラミックアクチュエータ
- セラミックセンサ
- 半導体レーザ

用途にあわせて選べる4モデル

0.5Hz~11MHz LI5660



2位相 2周波数 HF入力 10V入力

0.5Hz~3MHz LI5655



2位相 2周波数

1mHz~250kHz LI5650



2位相 2周波数

1mHz~250kHz LI5645



2位相 1周波数

NFから最新ロックインアンプシリーズ



2周波数同時測定

分数調波測定

外部10MHz同期入力

雑音に埋もれた非常に微小な交流信号を測定するロックインアンプは、走査型プローブ顕微鏡、テラヘルツ分光、スピントロニクスなど、最先端研究分野で広く使われています。

NFの最新ロックインアンプ **LI5600** シリーズは、位相検波以降のデジタル処理により、高い安定度を実現。最高100dBの優れたダイナミックリザーブ、更新レート約 1.5M サンプル /s (LI5660/LI5655)、振幅分解能 16 ビットの高速で滑らかな出力応答、微小信号測定の信頼性を高める基本性能を網羅しました。

LI5660 は最高測定周波数 11MHz (HF 入力端子使用時)、LI5655 が 3MHz と従来機種に比べ、高周波領域をカバーしています。また、LI5650/LI5645 は、1mHz の低周波から 250kHz までの測定に対応します。さらに 2 周波数同時測定 * や分数調波測定などの新機能を搭載し、さまざまな応用分野の高度な測定ニーズに対応します。 *LI5645 は除く

- **周波数範囲**
LI5660: 0.5Hz~11MHz* *HF 入力端子使用時
LI5655: 0.5Hz~3MHz
LI5650/LI5645: 1mHz~250kHz
- **電圧測定**
LI5660: 10nV~10V* F.S. *C 入力端子使用時
LI5655/LI5650/LI5645: 10nV~1V F.S.
- **電流測定**
LI5660/LI5655/LI5650: 10fA~1μA F.S.
- **最小時定数**
LI5660/LI5655: 1μs
LI5650/LI5645: 5μs

- **アナログ出力最高更新レート**
LI5660/LI5655: 約 1.5 M サンプル / 秒
LI5650/LI5645: 約 780k サンプル / 秒
- **2周波数同時測定 (LI5660/LI5655/LI5650)**
2位相検波器を 2系統装備し、2つの周波数成分を同時測定
- **分数調波測定**
基本波の分数倍の周波数 (1~63) / (1~63) で測定
- **外部 10MHz 同期入力**
外部基準周波数を用いて、他の機器の周波数基準と同期可能
- **測定パラメタ X, Y, R, θ, DC, NOISE**
- **通信インタフェース USB, GPIB, RS-232, LAN**
- **薄型 2U サイズ (88mm)**

ラインナップ

◎: 装備あり -: 装備なし

	LI5660	LI5655	LI5650	LI5645	LI5640*
周波数範囲	0.5Hz~11MHz	0.5Hz~3MHz	1mHz~250kHz	1mHz~250kHz	1mHz~100kHz
信号入力	電圧 (A, A-B, C, HF)、電流	電圧 (A, A-B)、電流	電圧 (A, A-B)、電流	電圧 (A, A-B)	電圧 (A, A-B)、電流
10V 入力	◎ (C 入力端子、0.5Hz~3MHz)	-	-	-	-
高周波入力	◎ (HF 入力端子、10kHz~11MHz)	-	-	-	-
感度	A, A-B: 10nV~1V F.S. (0.5Hz~3MHz) C: 1mV~10V F.S. (0.5Hz~3MHz) HF: 1mV~1V F.S. (10kHz~11MHz) I: 10fA~1μA F.S.	10nV~1V F.S. (0.5Hz~3MHz) 10fA~1μA F.S.	10nV~1V F.S. (1mHz~250kHz) 10fA~1μA F.S.	10nV~1V F.S. (1mHz~250kHz)	2nV~1V F.S. 5fA~1μA F.S.
入力換算雑音	4.5nV/√Hz (参考値)	4.5nV/√Hz (参考値)	4.5nV/√Hz (参考値)	4.5nV/√Hz (参考値)	4.5nV/√Hz (typ.)
PSD (位相検波)	2 位相・2 周波数	2 位相・2 周波数	2 位相・2 周波数	2 位相・1 周波数	2 位相・1 周波数
ダイナミックリザーブ	100dB	100dB	100dB	100dB	100dB
時定数	1μs~50ks	1μs~50ks	5μs~50ks	5μs~50ks	10μs~30ks
アナログ出力最高更新レート	約 1.5M サンプル / 秒	約 1.5M サンプル / 秒	約 780k サンプル / 秒	約 780k サンプル / 秒	256k サンプル / 秒
分数調波測定	◎ 基本波の (1~63) / (1~63)	◎ 基本波の (1~63) / (1~63)	◎ 基本波の (1~63) / (1~63)	◎ 基本波の (1~63) / (1~63)	-
2周波数同時測定	◎	◎	◎	-	-
外部10MHz同期	◎	◎	◎	-	-
測定パラメタ	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE	X, Y, R, θ, DC, NOISE
外部制御	USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN	USB, GPIB, RS-232, LAN	GPIB, RS-232

*LI5640の詳細については別途カタログをご用意しておりますので、お問い合わせください。

高速応答・高安定度

●時定数

検波部の最小時定数は、1μs* (LI5660/LI5655) です。*LI5650/LI5645 は 5μs
ロックインアンプ本体の性能向上により、高周波かつ高速応答を実現しました。

●同期フィルタ

信号の整数周期の同期 (移動平均) フィルタを搭載しています。この機能により検波に伴う測定信号のリプルを低減できます。同期フィルタは時定数フィルタとは独立した動作のため、時定数を大きくすることなく SN 比を改善でき、結果として高速な応答を得られます。

●ロック周期

デジタル方式の採用により、低周波 (数 Hz 以下) では、約2周期で参照信号にロックします。

●優れたダイナミックリザーブ

位相検波とそれ以降の処理のデジタル化により、アナログ方式に比べて高利得時の出力ドリフトが小さく、最高 100dB のダイナミックリザーブが得られます。(信号フルスケールの 100,000 倍の雑音下で測定が可能です。)



時定数設定

広帯域 高周波入力端子により最高 11MHz (LI5660)

電圧測定は、シングルエンド (A) および差動 (A-B) 入力に加え、LI5660 では 10Vrms入力 (C)、高周波入力 (HF) の端子を装備しています。HF 入力端子では、最高 11MHz の測定が可能です。

LI5660
信号入力端子

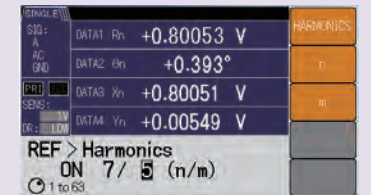


多彩な参照信号源と検波モード

■分数調波測定 基本波の分数倍の周波数 (1~63) / (1~63)

基本波の分数倍の周波数が測定できます。LI5660/LI5655/LI5650 の 2 周波数モードでは、主検波器に与える周波数を基本波の n/m 倍の値に、副検波器に与える周波数を基本波の n 倍にして測定することが可能です。

高調波測定は 2 つの測定周波数の間が整数倍 ($f_2 = f_1 \times n$) です。この場合、 f_1 側の信号にひずみがあると整数倍の周波数 (高調波) となり、 f_2 の信号と区別できなくなります。分数調波測定ならば、 $f_2 = f_1 \times n/m$ の関係で測定できるので、 f_1 にひずみが発生しても、 f_2 に影響のない周波数を設定でき、 f_1 の高調波の影響を受けずに f_2 の高感度測定が可能となります。



分数調波設定

■2周波数同時測定 2位相 (Rcosθ, Rsinθ)、2系統 (主検波器、副検波器)

●2つの周波数成分を同時測定 ●レシオ演算 ●位相検波器の縦続接続

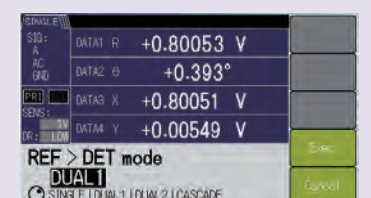
LI5660/LI5655/LI5650 は、2 位相検波器 (PSD) を 2 系統装備し、1 つの入力信号に含まれる 2 つの周波数成分を同時に測定できるので、従来なら 2 台のロックインアンプが必要だったデュアルビーム法などの測定が 1 台で可能となります。また、測定値と基準値の比を求めるレシオ演算や、主検波器に副検波器を縦続接続して、信号を主検波器で検波後、さらに副検波器で検波することも可能です。

検波モード	主検波器	副検波器	機能
SINGLE*	基本波 / 分数調波	なし	1 周波数、2 位相検波
DUAL1	基本波 / 分数調波	基本波 / 調波	1 つの入力信号に含まれる基本波とその調波成分を同時測定
DUAL2	主周波数	副周波数	1 つの入力信号に含まれる独立した 2 つの周波数成分を同時測定
CASCADE	主周波数	副周波数	主検波器に副検波器を縦続接続

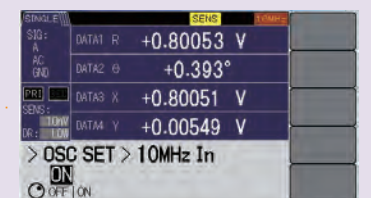
*LI5645 は 2 位相・1 周波数につき、SINGLE モードのみ

■外部 10MHz 同期

外部基準周波数を用いて、他の機器の周波数基準と同期可能
信号発生器など他の機器とロックインアンプを共通の 10 MHz 周波数源に同期して動作させると、外部参照信号 (REF IN) を用いずに、任意の周波数 (数値設定) で同期できます。



2周波モード (DUAL1) 設定



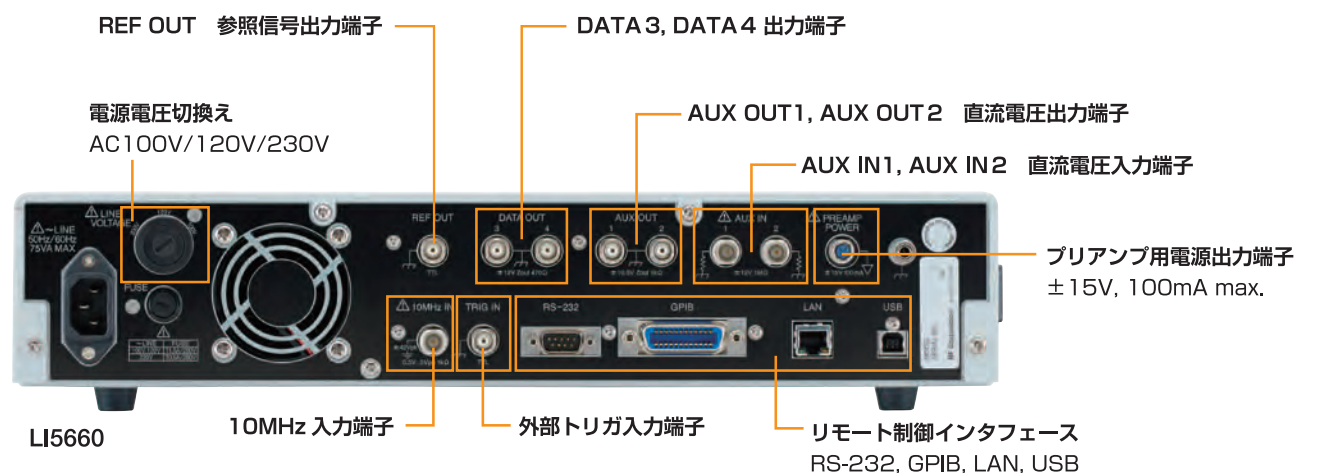
外部 10MHz 基準周波数入力設定

薄型・コンパクトな筐体に、多彩な機能を凝縮

最先端研究における微小信号測定を強力にサポート

信号入力端子

- A: 電圧入力 (最大 1Vrms, 10MΩ, シングルエンド)
- HF: 高周波入力 (最大 1Vrms, 10kHz~11MHz, 1MΩ / 50Ω)
- A-B: 電圧入力 (最大 1Vrms, 10MΩ, 差動)
- I: 電流入力 (最大 1μArms, I-V 変換利得 1M/100M V/A)
- C: 電圧入力 (最大 10Vrms, 1MΩ)



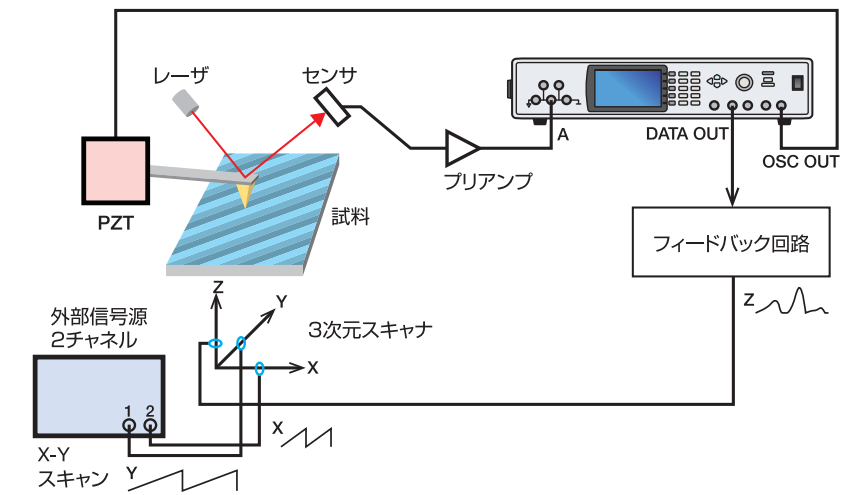
Rear

※LI5655/LI5650/LI5645 のリアパネルの外観は同じですが、性能の一部は異なります。

SPM (走査型プローブ顕微鏡) の信号処理

- 高周波
- 時定数 1μs
- 同期フィルタ

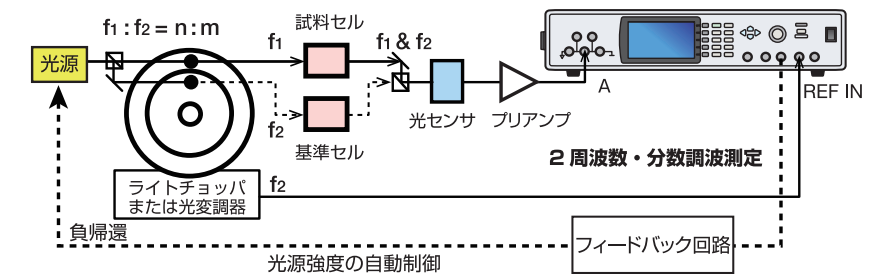
STM (走査型トンネル顕微鏡) や AFM (原子間力顕微鏡) に代表される走査型プローブ顕微鏡は、先端がナノスケールのプローブを試料の表面上で走査し、プローブと試料間の信号を検出して、試料の表面の電子状態や構造、物理的・化学的性質を観察します。ロックインアンプは、試料とプローブとの距離の制御などに使用されます。LI5600 シリーズならば、MHz 領域の高い共振周波数のカンチレバーにも対応可能な上、時定数を小さくすることで (1μs~)、高速スキャンが可能となり、短時間で画像化ができます。また、同期フィルタにより、位相検波出力のリップルを大幅に低減することで、高速化に加え、高画質化にも寄与します。STM や AFM のほか、KFM (表面電位顕微鏡) などでも、変調信号の復調などの信号処理にロックインアンプが利用されています。



光透過量の測定 (光源変動のキャンセル)

- 2 周波数同時測定
- 分数調波測定
- 外部 10MHz 同期

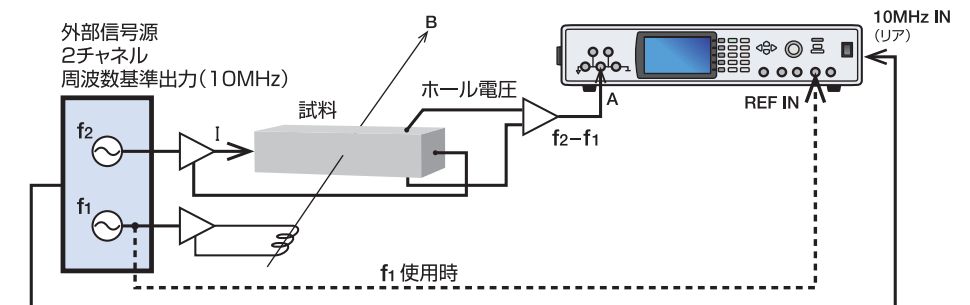
2周波数同時測定と分数調波測定の機能を併用すると、LI5660/LI5655/LI5650 1 台で、デュアルビーム法 (レジオ測定) による光源などの変動補正が可能です。基準セルの信号で負帰還をかけて、光源強度を安定化することもできます。参照信号周波数の整数倍 (n 倍)、整数分の 1 (1/n 倍)、分数比 (n/m 倍) を設定できますので、ライトチョッパの周波数比に柔軟に対応します。また、整数比の場合、信号ひずみにより発生する高調波成分との区別ができませんが、分数比では高調波の影響を受けません。さらに、10 MHz 同期機能を用いて外部の信号発生器と同期すると、任意の 2 周波数による検出も可能です。



ホール係数の測定 (差周波数の測定)

- 分数調波測定
- 外部 10MHz 同期

ホール電圧は、2 信号 (電流と磁界) の積に比例し、その周波数は 2 信号の差 (および和) 周波数になります。電流と磁界を発生する外部信号源と LI5600 シリーズを外部 10 MHz に同期させると、異なる任意の 2 周波数に対して、外部参照信号 (差周波数) を用意せずとも、差周波数信号の測定が可能となります。(2チャンネル出力と周波数基準出力を装備した信号発生器を使用の場合など) もとの周波数が整数比であれば、分数調波測定機能を利用して差周波数信号を測定することも可能です。どちらでも、外部参照信号からのクロストーク妨害を避けられます。



レシオ	測定値 A と基準値 B の比 レシオ = $K \times A \div B$ K: 0.1 ~ 10 (分解能 0.00001) A, B: 下表の組み合わせから選択		
	A (測定値)	B (基準値)	検波モード
	主検波器出力 (X, Y, R) / 感度	AUX IN 1 測定値 / 10V	SINGLE
	主検波器出力 (X, Y, R) / 感度	副検波器 X 出力 / 感度	DUAL1 * DUAL2 *
	副検波器出力 (X, Y, R) / 感度	AUX IN 1 測定値 / 10V	CASCADE *
* B の最高更新レートは約 10k サンプル/s ・拡大またはノーマライズ演算実行時は不可			* LI5645 は除く

測定値出力部・表示部

パラメータ			
出力/表示	検波モード		
	SINGLE	DUAL1 *, DUAL2 *, CASCADE *	
DATA1	X, R, AUX IN 1, NOISE	Xp, Rp, Yp, θ p, Xs, Rs, AUX IN 1, NOISE	
DATA2	Y, θ , AUX IN 1, AUX IN 2	Yp, θ p, Xs, Rs, Ys, θ s, AUX IN 1, AUX IN 2	
DATA3	X, R	Xp, Rp, Yp, θ p, Xs, Rs	
DATA4	Y, θ	Yp, θ p, Xs, Rs, Ys, θ s	
備考 X, Y, R, θ 添字	n: 調波 (調波設定時、末尾に n 例: Xn) p: 主検波器 s: 副検波器 n: 調波 (調波設定時末尾に n 例: Xpn) * LI5645 は除く		
アナログ出力			
フルスケール電圧	± 10 V (両極性信号), +10 V (片極性信号)		
出力電圧範囲	± 12 V (無負荷時)		
最大出力電流	± 10 mA		
出力インピーダンス	470 Ω (公称値)		
出力電圧精度	$\pm (0.3\% + 10$ mV) 対 測定値対応電圧値		
最高更新レート	LI5660 / LI5655 DATA OUT 1/DATA OUT 2 (正面) 312.5 k サンプル/s DATA OUT 3/DATA OUT 4 (背面) 1.5625 M サンプル/s LI5650 / LI5645 DATA OUT 1/DATA OUT 2 (正面) 156.25 k サンプル/s DATA OUT 3/DATA OUT 4 (背面) 781.25 k サンプル/s		
測定画面表示	標準: 測定値 (DATA1, DATA2) と主要な設定を表示 拡大: 測定値 (DATA1, DATA2) を大きく表示 詳細: 測定値 (DATA1, DATA2, DATA3, DATA4) と詳細な設定を表示 標準または拡大のとき、測定値を数値とバーグラフで表示		
数値表示			
パラメータ	数値表示		アナログ出力のフルスケール電圧に対する測定値
	範囲	分解能	
X, Y	感度 / EXPAND 倍率の $\pm 120\%$	6 桁 感度 F.S. にて	\pm 感度 / EXPAND 倍率
R	感度 / EXPAND 倍率の $0 \sim 120\%$	6 桁 感度 F.S. にて	感度 / EXPAND 倍率
θ	$-180.000 \sim +179.999^\circ$	0.001 $^\circ$	$\pm 180^\circ$
NOISE (雑音密度)	感度の $0 \sim 120\%$	6 桁 感度 F.S. にて	感度
AUX IN 1, 2	± 12 V	0.001 V	± 10 V
レシオ	± 2.4	0.00001	± 2
ノーマライズ %	$\pm 240\%$	0.001 %	$\pm 200\%$
ノーマライズ %FS	$\pm 120\%$ of F.S.	0.001 % of F.S.	$\pm 100\%$ of F.S.
ノーマライズ dB	± 120 dB	0.001 dB	± 100 dB

モニタ出力

モニタ信号	位相検波器入力信号
最大出力	最大出力電圧 ± 3 V (無負荷時)、最大出力電流 ± 20 mA
出力インピーダンス	50 Ω (公称値)

自動設定項目

測定	下記の項目「時定数」、「感度」、「位相」を実行
時定数	参照信号の周波数に合わせて、時定数、減衰傾度を設定
感度	入力信号に合わせて、感度とダイナミックリザーブを設定
位相	Y および位相出力 θ がゼロになるように参照信号の移相量を設定
オフセット	X, Y 出力がゼロになるように、各オフセットを設定

※このカタログの記載内容は、2017年1月6日現在のものです。
●お断りなく外觀・仕様の一部を変更することがあります。
●ご購入に際しては、最新の仕様・価格・納期をご確認ください。

補助入力 (AUX IN 直流電圧測定)

チャンネル数	2
最大入力電圧	(線形動作範囲) ± 12 V
非破壊最大入力電圧	± 42 V
入力インピーダンス	1 M Ω (公称値)、並列に 50 pF (参考値)
電圧測定精度	$\pm (0.3\% + 10$ mV), 信号グラウンドが筐体電位に等しいとき
周波数帯域	最高 5 kHz (-3 dB) (参考値)
サンプリングレート	最高 125 k サンプル/s
フローティング特性	信号グラウンド 対接地最大電圧 (非破壊): ± 42 Vpk max. (DC+AC) 接地インピーダンス: 1 M Ω (公称値) 信号 対接地許容電圧: ± 42 Vpk max. (DC+AC)

補助出力 (AUX OUT 直流電圧出力)

チャンネル数	2
出力電圧範囲	± 10.500 V (分解能 0.001 V)
最大出力電流	± 5 mA
出力インピーダンス	1 k Ω (公称値)
出力電圧精度	$\pm (0.3\% + 10$ mV), 無負荷時

データメモリ

記録データ	1 サンプルあたり、記録データから最大 5 ワードまで任意に選択可
記録容量	バッファ 1, 2: 16 ~ 8192 サンプル バッファ 3: 16 ~ 65536 サンプル (FIFO)
トリガ信号	内部タイマ / 外部トリガ / リモート制御コマンド / 手動トリガ トリガ信号を受けた時点で 1 サンプル記録
サンプリング間隔	LI5660 / LI5655 内部タイマ 範囲: 1.92 μ s ~ 20s 等間隔で繰り返し、分解能: 640ns, 6 桁 max. 外部トリガ / リモート制御コマンド / 手動トリガ 範囲: ≥ 2.6 μ s 任意間隔、内部遅延ジッタ 640ns (公称値) LI5650 / LI5645 内部タイマ 範囲: 9.6 μ s ~ 20s 等間隔で繰り返し、分解能: 640ns, 6 桁 max. 外部トリガ / リモート制御コマンド / 手動トリガ 範囲: ≥ 10 μ s 任意間隔、内部遅延ジッタ 640ns (公称値)
外部トリガ	信号レベル: TTL (0 ~ 5V, High 2.6V 以上, Low 0.8V 以下, 方形波) 最小パルス幅: 500 ns (High, Low とも) 有効エッジ: 降下、入力インピーダンス: 10 k Ω (公称値) 非破壊最大入力電圧: ± 15 V
トリガ遅延時間	0 ~ 100 s (分解能: 640 ns, 6 桁 max.)

リモート制御インターフェース

USB	USBTMC, USB 2.0 ハイスピード
RS-232	4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 bps
GPIB	準拠規格 IEEE 488.1, IEEE 488.2
LAN	10BASE-T / 100BASE-TX, TCP/IP

一般事項

表示器	4.3 インチ, WQVGA, カラー LCD
電源	AC 100 V $\pm 10\%$ / 120 V $\pm 10\%$ / 230 V $\pm 10\%$, -14% ただし 250 V 以下 50 Hz / 60 Hz ± 2 Hz, 消費電力 75 VA 以下、過電圧カテゴリ II
動作温度・湿度範囲	0 ~ +40 $^\circ$ C 5 ~ 85 %RH ただし絶対湿度は 1 ~ 25 g/m ³ , 結露がないこと
ウォームアップタイム	30 分
設定メモリ	9 組
レジューム	電源投入時に最後の設定に復帰
プリアンプ用	± 15 V (公称値)
電源出力	100 mA max. (背面パネル PREAMP POWER)
外形寸法 (mm)	430 (W) \times 88 (H) \times 400 (D) ただし突起部を除く
質量	約 7.5 kg ただし付属品を除く

付属品・オプション

付属品	取扱説明書、CD-ROM (リモート制御用ドライバ他) 電源コードセット (3 極, 2 m) ヒューズ (タイムラグ, 1.0 A / 250 V, ϕ 5.2 \times 20 mm) 保護キャップ* (電流入力端子用) * LI5645 は除く
オプション	PA-001-2779 ラックマウントキット (EIA) PA-001-2780 ラックマウントキット (JIS)

なんでも
計測HOTLINE
0120-545838
いいヒント、アドバイスあります。
受付時間 9:30 ~ 17:30 (土・日・祝日を除く)



株式会社 エヌエフ回路設計ブロック

本社/横浜市港北区綱島東6-3-20 〒223-8508
営業 ☎(045) 545-8111 ☎(045) 545-8191
仙台 022(722) 8163 / 関東 03(5957) 2108
東京 03(5957) 2246 / 名古屋 052(777) 3571
大阪 072(623) 5341 / 広島 082(503) 5311
福岡 092(411) 1801 / デバイス 045(545) 8161

■取扱代理店■

<http://www.nfcorp.co.jp/>