

Signal

スイープベースのデータ獲得および解析システム

ダイナミック・クランプ

CED の Windows アプリケーション用 Signal は、広範囲でのパッチおよび電圧クランプの記録と解析機能を備えていることで知られています。Signal バージョン 5 以降では、このフレキシブルなプログラムを拡張できるように、多岐にわたるダイナミック・クランプ・サポートが実装されています。CED Power1401-3 または mk II と既存の電流クランプ増幅器を併用して使用され、特別なハードウェアは必要ありません。

Signal には、完全に統合されて容易に設定可能な高性能ダイナミック・クランプ・システムが含まれています。一段と進歩したこの特長により、ダイナミック・クランプの技術が、カスタマイズされた複雑なハードウェアとソフトウェアへのアクセスを持たない研究者も直ちに利用できるようになっています。しかも、だれもが使用できる、専門家による設計、保守、サポートが付きのパッケージとして低コストで提供されます。

ダイナミック・クランプ技術¹では、代表的な非線形フィードバック・システムにより電流がセルに伝達され、パーチャルなイオン・チャンネルの活動が再現されるので、イオン・チャンネルあるいはシナプスをシミュレーションしたり、既存のチャンネルの活動を無効にしたりすることができます。²

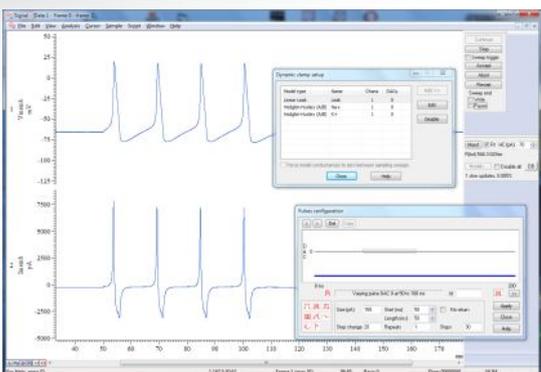
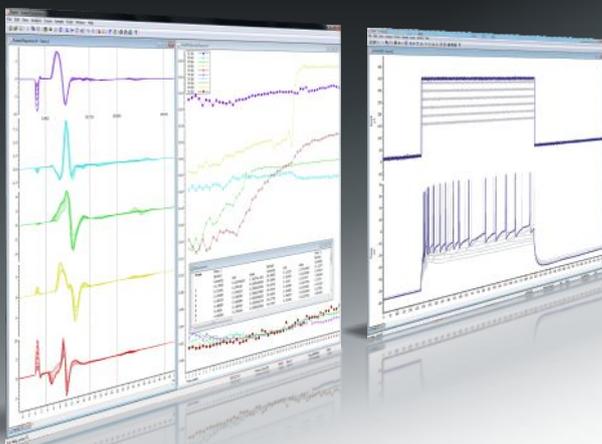
- 最大 15 モデルを実行し、最高 8 つの DAC に出力を生成。1 つの DAC を駆動する複数のモデルは自動的に合計されます
- 高速更新速度：Hodgkin/Huxley の 1 モデルで 300 kHz 以上、2 モデルで 270 kHz 以上 (下表を参照)。
- ハードウェアでの過負荷が検出されることにより、結果に確信が得られます
- エルゴノミクス・ダイアログによって、モデル・パラメーターの表示、編集が容易になっています
- サンプルング中に、モデル・パラメーターを変更して、変更内容を適用
- サンプルング中に複数のパラメーター状態間での自動切り替え
- ユーザーにより定義されたパルスと波形をダイナミック・クランプで生成された出力に集計
- 出力シーケンサーにより、単一のサンプルング・スイープの間に個々のモデルを動的に有効 / 無効にすることが可能

モデルと速度

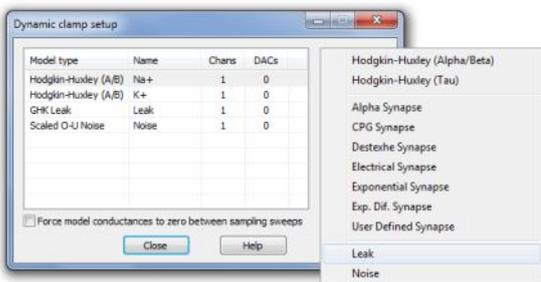
モデルのクラス	イブ
Hodgkin-Huxley	Alpha/Beta *, Tau *
Synapse	Alpha, セントラル・パターン・ジェネレーター, Destexhe, 電気, 指数関数, 指数関数の差, ユーザー定義 *
リーク	リニア, GHK, Boltzmann, ユーザー定義 * *
ノイズ	Ornstein-Uhlenbeck, スケールされた Ornstein-Uhlenbeck *

H-H モデル	x1	x2	x4	x8
Power1401-3	320 kHz	270 kHz	175 kHz	105 kHz
Power 1401 Mk II	100 kHz	85 kHz	60 kHz	45 kHz

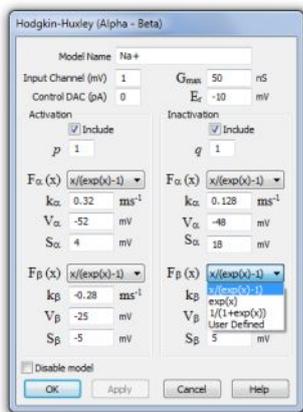
* これらのモデルは、ユーザーが作成する数値表を使って数値パラメーターを置き換えることによりカスタマイズまたは拡張が可能です



サンプルング中にモデル・パラメーター・アクセスを使って活動電位をシミュレートするダイナミック・クランプ



指数関数の差のシナプス・モデルのパラメーター設定



Hodgkin/Huxley モデル用パラメーターの設定



ダイナミック・クランプ用に使用された Power1401

データの取得

埋め込みハードウェア・ベースのダイナミック・クランプ・システムでは、高速で、しかも正確な時間測定付きのフィードバックが提供されますが、これらのシステムは、多くの場合、高価で、柔軟性に欠けています。埋め込みハードウェア・ベースのダイナミック・クランプ・システムでは、高速で、しかも正確な時間測定付きのフィードバックが提供されますが、これらのシステムは、多くの場合、高価で、柔軟性に欠けています。PCベースのシステムでは、逆に、より複雑なフィードバックを得ることが可能ですが、リアルタイムの性能が不十分な場合があります。³

CED Signal のダイナミック・クランプ・システムでは、上記の 2 つの方法の両方の長所が得られます。このシステムのリアルタイムの面はすべて、事前計算済みの参照表と最適化された浮動小数点演算を使用する Power1401 の高速埋め込みプロセッサによって実行されます。フィードバックの計算は最大の安定が得られる ADC サンプルングによって開始されます。このソフトウェア・ベースの設計では、必要な時間が短いにもかかわらず、高い柔軟性が提供されます。このシステムの非リアル・タイムの面は、制御 PC が受け持ち、単純さと使いやすさが実現されています。この結果として得られたのが、妥当なコストでありながら、一般に入手可能なダイナミック・クランプ・システムを凌ぐ、標準 Signal データ取得ソフトウェアに統合されたダイナミック・クランプ・システムなのです。

ダイナミック・クランプ・システムが更新レートと更新レイテンシーによって強く影響されていることがシミュレーションと実験によって示されています。³ CED によって使用されている非常に高速な手法では、低いレイテンシーを有する非常に高い更新レートが提供され、最も要求度の高い実験の実行が可能となります。このメカニズムにはハードウェア・ベースのオーバーフロー検出器が組み込まれ、必要とされる更新レートが達成されており、データが信頼に足ることが確信できます。

¹ Sharp AA, O'Neil MB, Abbott LF, Marder E (1993) Dynamic Clamp: Computer-Generated Conductances in Real Neurons. *J Neurophysiol* 69: 992-995 †

² Prinz AA, Abbot LF and Marder E. The dynamic clamp comes of age. *Trends Neurosci.* 2004 Apr;27(4):218-24 †

³ Bettencourt JC, Lillis KP, Stupin LR and White JA. Effects of Imperfect Dynamic Clamp: Computational and Experimental results. *J Neurosci Methods.* 2008 April 30; 169(2):282-289 †

電圧とパッチ・クランプ機能

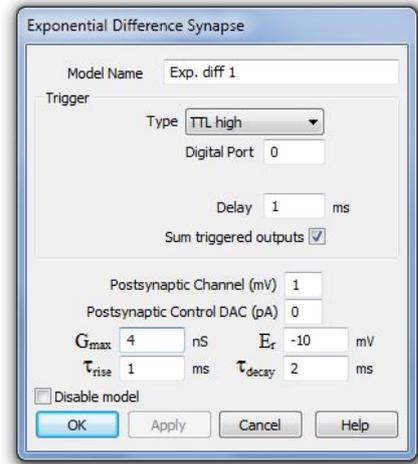
統合されたダイナミック・クランプ機能に加え、Signal では、標準クランプ実験の各方法のサポートも提供されています。

電圧と電流クランプ 前もって記録された波形を含め、必要な刺激のすべてを生成します。刺激の複数セットは、1 つのサンプリング構成に保存することができ、手動で選択するか、自動で順番に配置することができます。シール抵抗と膜抵抗の自動オンライン測定。オンラインとオフラインでのリーク減算と I/V プロット。波形データと I/V プロットへの曲線フィッティング。

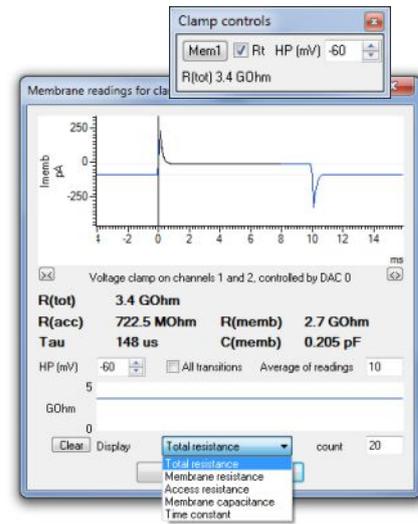
単一チャンネル・パッチ・クランプ スレッシュホールド設定または SCAN 分析のいずれかにより、検出した遷移イベントを示すパッチ・データから理想化された電流トレースが作成されます。この理想化トレースは、開 / 閉時刻と振幅をドラッグしたり、イベントを分割したり、組み合わせたりすることによって編集可能です。振幅ヒストグラムとドエルタイム・ヒストグラムを作成することができます。

システムの要件

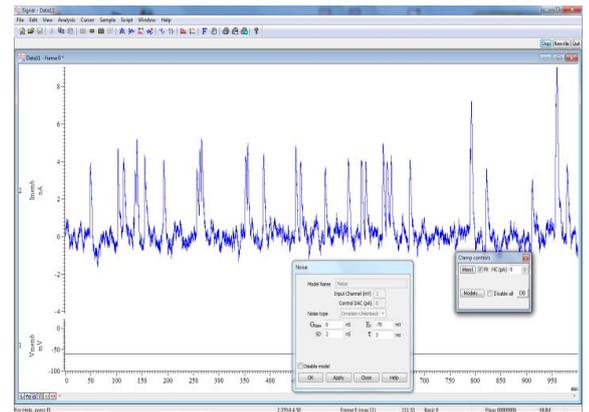
Signal のダイナミック・クランプでは CED Power1401 mk II のインテリジェント・ラボ



指数関数の差のシナプス・モデルのパラメーター設定



サンプリング中の膜解析



任意の間隔で内部トリガーされた、重なるノイズのある実験的な差のシナプス・モデル

CED

Cambridge Electronic Design Limited

Technical Centre, 139 Cambridge Road, Milton, Cambridge CB24 6AZ, UK. Tel: (01223) 420186
Email: info@ced.co.uk Europe & International Tel: [44] (0)1223 420186 USA and Canada Toll free: 1-800-345-7794
Distributors in: Australia, Austria, China, France, Germany, Israel, Italy, Japan, Switzerland & Turkey

† 公表されている論文へのこれらの参照は、情報目的のみで提供されており、CED 製品が論文の執筆者によって保証されていることを意味するものではありません。
Windows® は登録商標です。

www.ced.co.uk

© CED 2017年6月