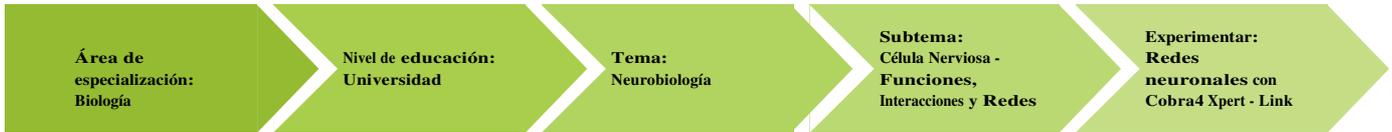


Redes neuronales con Cobra4 Xpert-Link (Nº art.: P4010964)

Relevancia curricular



Dificultad



Difícil

Tiempo de preparación



10 Minutos

Tiempo de ejecución



2 Horas

Tamaño de grupo recomendado



2 Estudiantes

Requisitos adicionales:

ORDENADOR

Variaciones de experimentos:

Palabras clave:

Respuestas transitorias (fásicas), Oscilador neuronal (reloj del cuerpo), Memoria a corto plazo, Circuitos anatómicos especiales, Inhibición unilateral, Autocalibración de canales sensoriales emparejados

Tarea y equipo

Introducción

En primer lugar, realice los experimentos "La célula nerviosa con el Cobra4 Xpert-Link" (P4010764) y "Las interacciones de las células nerviosas con el Cobra4 Xpert-Link" (P4010864).

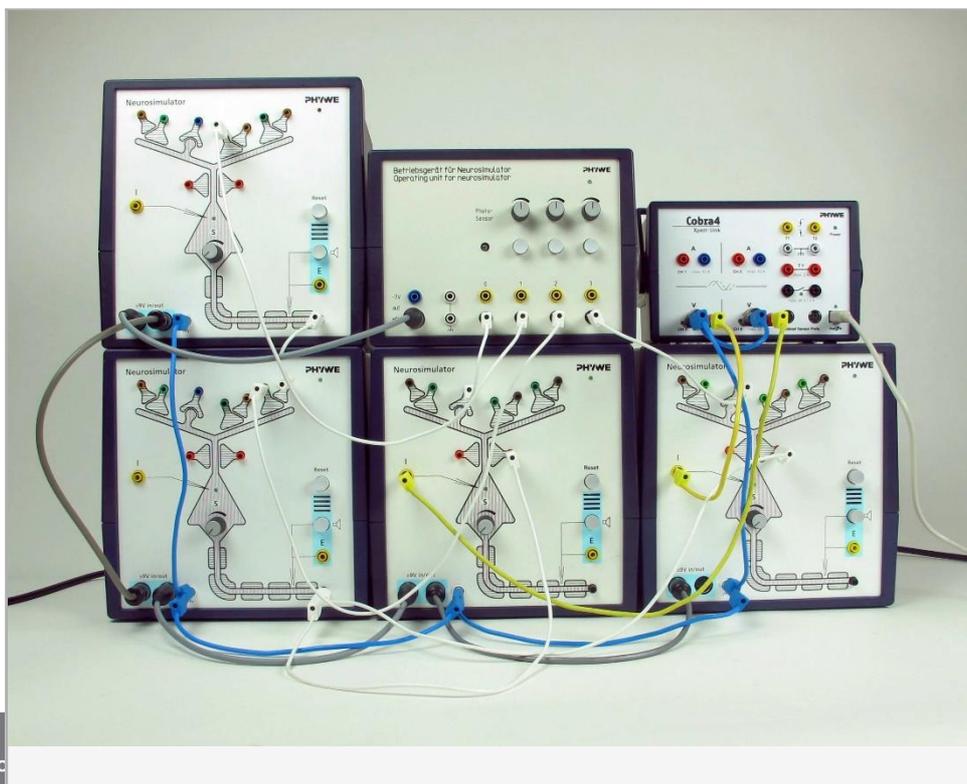


Fig. 1

Funciones y aplicaciones

La unidad de neuronas **Neurosimulador** simula una célula nerviosa generalizada con una dendrita apical y sus contactos sinápticos, un cuerpo celular.

(soma) y una fibra nerviosa (axón) con vainas de mielina y un anillo de Ranvier.

La unidad operativa está compuesta por la alimentación de hasta cuatro unidades neuronales, tres simuladores táctiles de intensidad estimulante variable y un sensor óptico.

El Cobra4 Xpert-Link es el dispositivo de medición perfecto para todos los experimentos. Se pueden medir hasta 4 valores: 2 valores utilizando los dos canales de tensión internos y 2 valores a través de los puertos de sensores Cobra4. (Para utilizar los puertos de sensor, se necesitan además una unidad de sensor de electricidad Cobra4 (12644-00) y una unidad de sensor Cobra4 Xpert-Connect (12625-01) para cada puerto de sensor.)

Beneficios

- La dendrita comprende sinapsis excitantes, inhibitoras, presinápticas y hebreas que están marcadas por los colores correspondientes de las bases.
- aquí los axones terminan en botones presinápticos
- éstas se representan junto con una parte de la fibra (aferente) que proporciona la señal
- la conexión entre el axón (eferente) de una unidad de neuronas que conduce o la salida de estímulo de la unidad operativa y una sinapsis se establece por medio de un cable blanco que se inserta en la toma de sinapsis deseada
- las tomas amarillas sirven para la derivación del estado de excitación de la neurona simulada
- deben estar conectados a instrumentos de medición adecuados (por ejemplo, osciloscopio) o a una
- interfaz de ordenador; los potenciales de acción pueden hacerse audibles con la ayuda del monitor acústico integrado
- el botón giratorio "S" sirve para ajustar el "umbral de disparo" de la neurona.

Equipo

Posición No.	Material	No. de	Cantidad
1	Cobra4 Xpert-Link	12625-99	1
2	Neuro-simulador	65963-00	4
3	Neuro-simulador, fuente de	65963-93	1
4	Software measureLAB	14580-61	1
5	Adaptador, conector	07542-26	2

Respuestas transitorias (fásicas): se centran en el sentido visual

Introducción

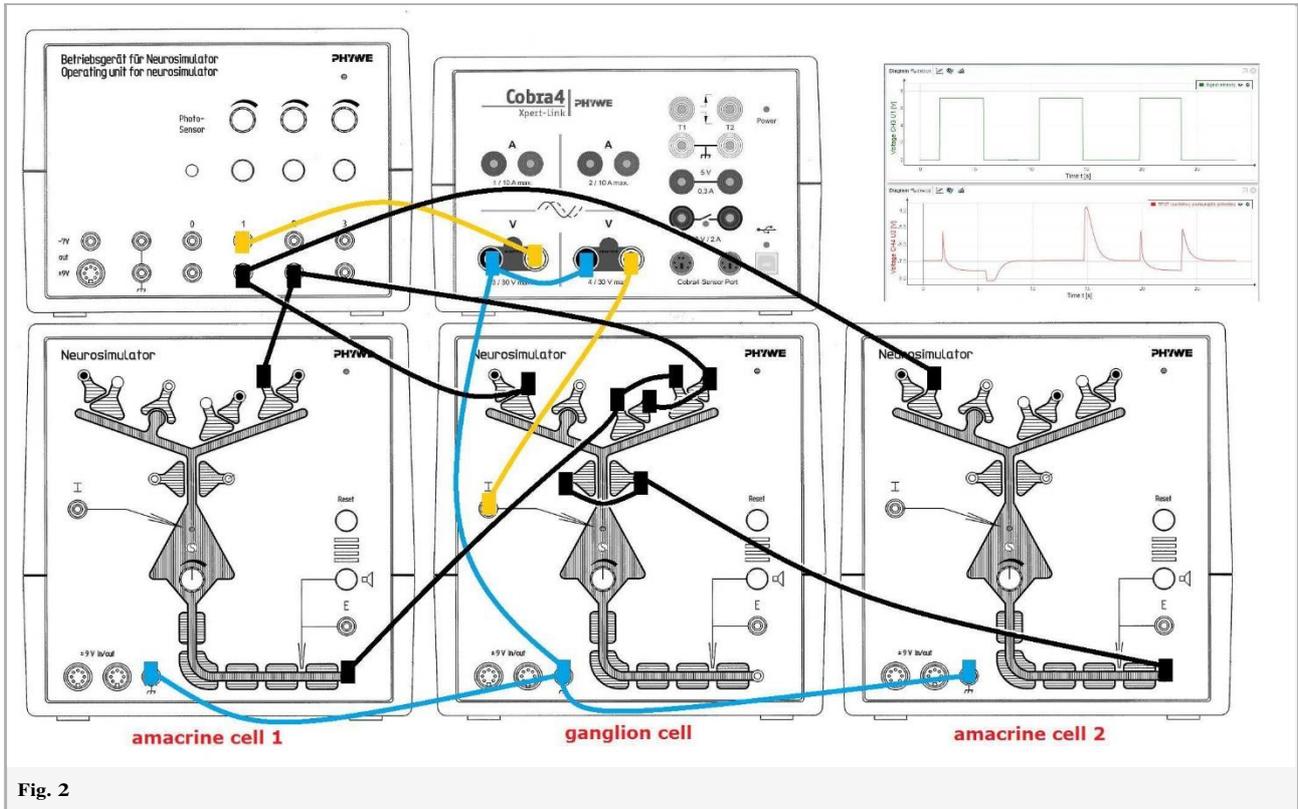


Fig. 2

Un tipo de neuronas reacciona sólo a los cambios de estimulación, no a las estimulaciones en curso. Estas se llaman neuronas ON y OFF. Sólo responden al inicio y/o desaparición de un estímulo con una activación que es en su mayor parte breve, y cuanto más intensa, más fuerte es el cambio de estímulo.

Estos dos tipos de neuronas actúan sobre otras neuronas, por ejemplo, sobre las neuronas ganglionares del sistema de sentidos visuales. Además, tales neuronas pueden ser encontradas en el tacto y en los sistemas de sentidos olfativos.

El circuito de este experimento -un ejemplo en el sistema visual- puede utilizarse para mostrar el circuito de las células ganglionares retinianas con células amacrinas. En la retina, las células visuales entran en contacto con las células bipolares, de las cuales la mayoría están conectadas a una célula ganglionar a la vez. Además, las células visuales están interconectadas entre sí a través de células horizontales y las células ganglionares a través de las células amacrinas. Cada célula nerviosa recibe señales de varias células sensoriales, y cada célula sensorial conduce señales a varias células nerviosas. El potencial receptor se acumula en las células bipolares, horizontales y amacrinas, pero los potenciales de acción se forman primero en las células ganglionares.

Puesta en marcha y procedimiento

Conecte el Xpert-Link al PC.

1. Respuestas transitorias

El experimento se realiza según la Fig. 3.

Para la medición de la tensión se necesitan dos adaptadores BNC (enchufe/enchufe de 4 mm).

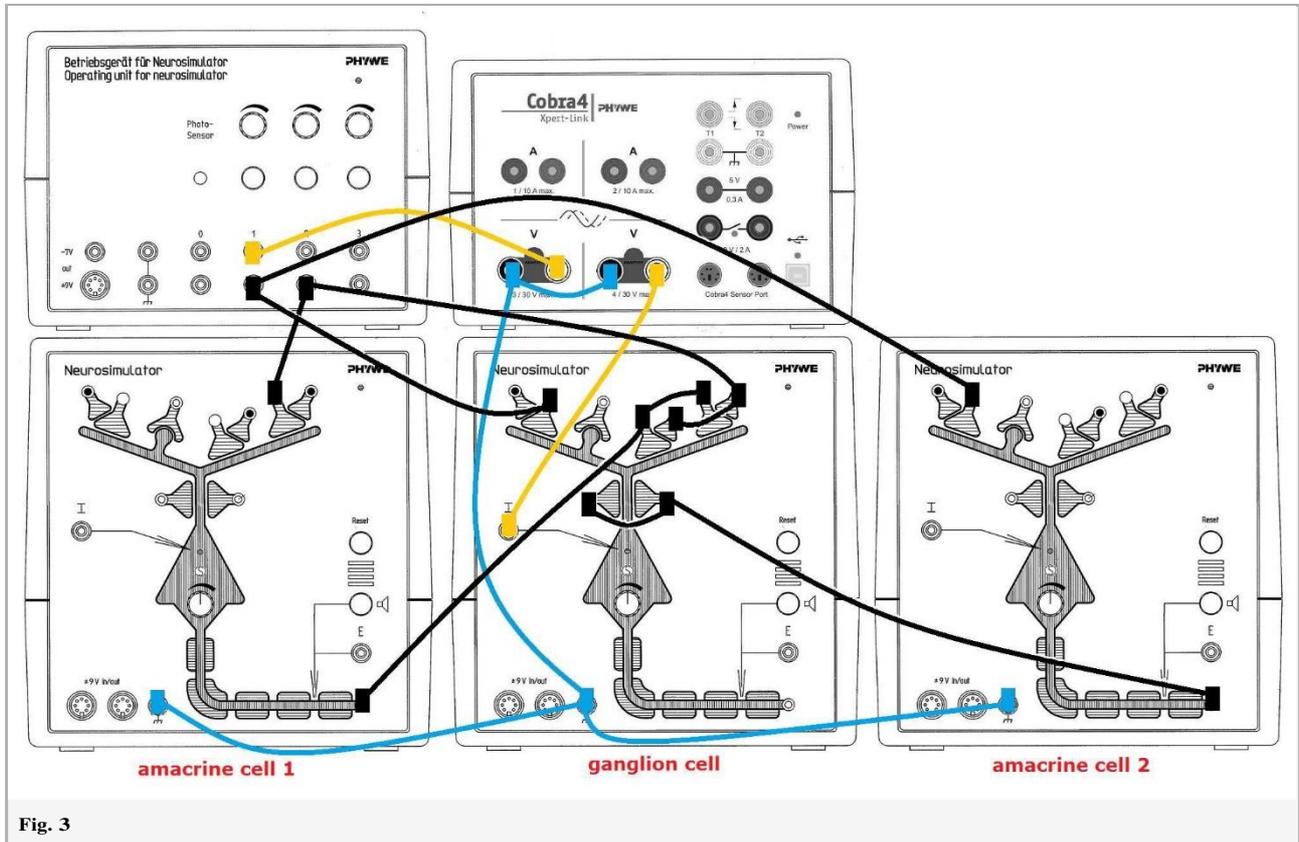
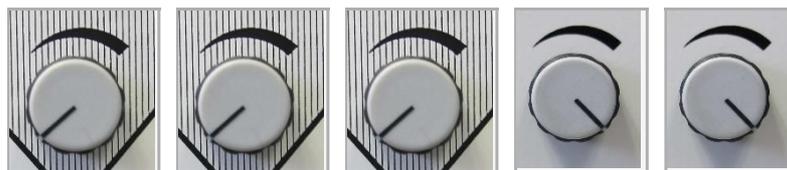


Fig. 3

- Neuroestimulador 1, umbral del mando: 0% Neuroestimulador 2, umbral del mando: 0% Neuroestimulador 3, umbral del mando: 0%
- Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 1 (estímulo para ON): 100%.
- Unidad de operación, intensidad de estimulación del mando 2 (estímulo para OFF): 100%.



- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial. Enchufar el cable amarillo en el enchufe negro del canal 2 (flecha roja, fig. 4).

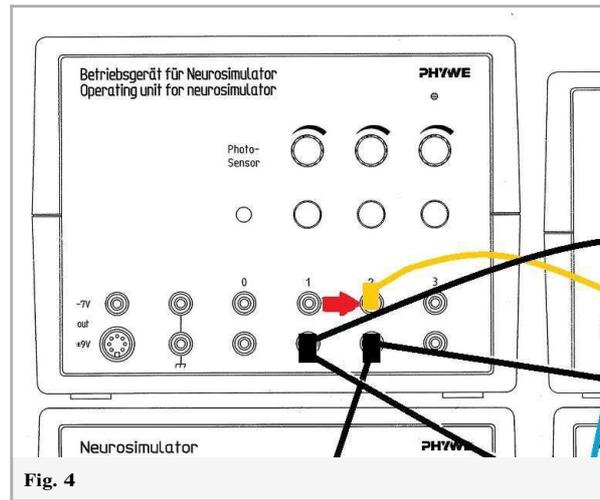


Fig. 4

- Presione el botón de estimulación 2 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- Pulse los botones de estimulación 1 y 2 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- Terminar la medición tan pronto como la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- inicial. Guarde y evalúe los resultados.

Resultados y evaluación

Resultados:

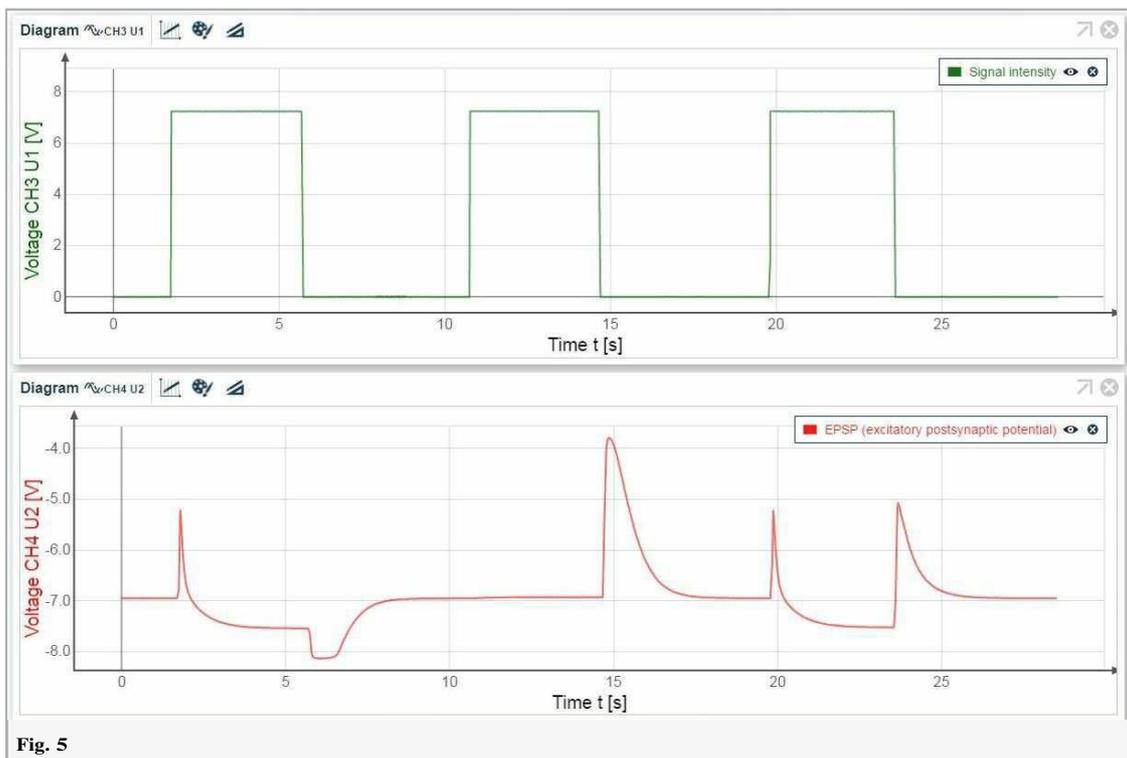


Fig. 5

Explicación:

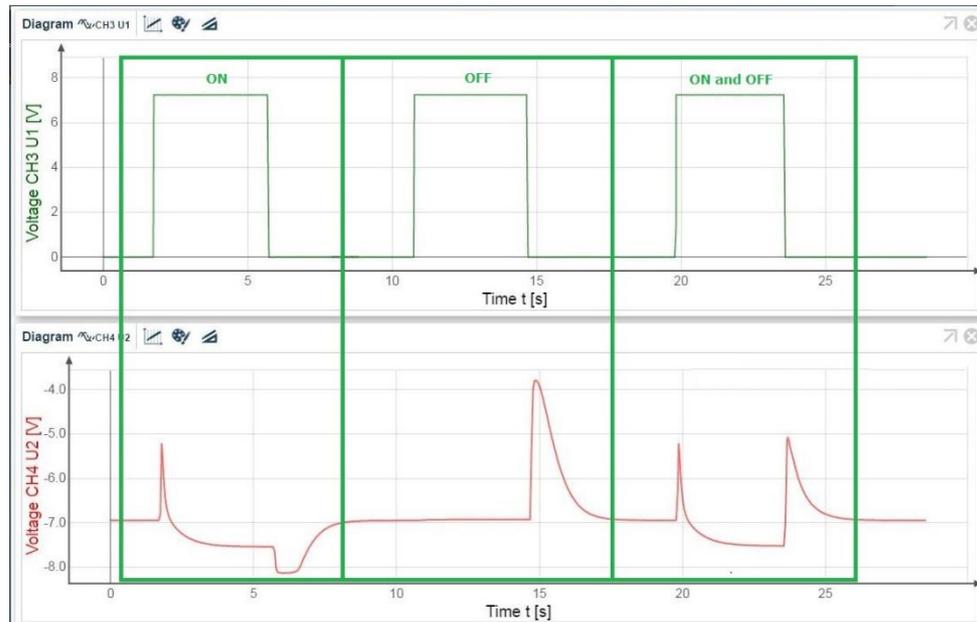


Fig. 6

Oscilador neuronal (reloj corporal)

Introducción

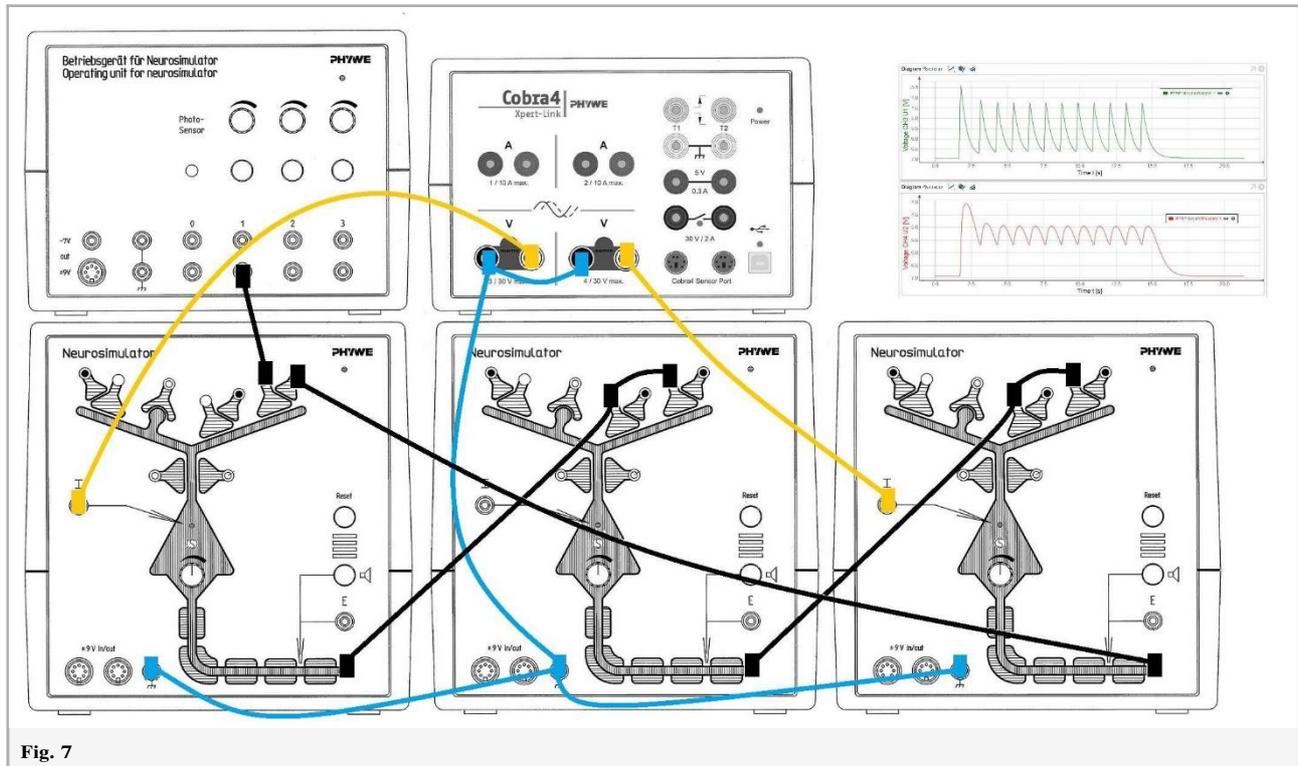


Fig. 7

Muchos modos de comportamiento animal y humano exhiben características rítmicas. La periodicidad de dicha rítmica que se crea en el sistema nervioso central puede extenderse a lo largo de meses (por ejemplo, el ritmo estacional), días (por ejemplo, el ritmo hormonal), horas (por ejemplo, el ciclo sueño-vigilia) o segundos (por ejemplo, el movimiento rítmico de muchos animales).

En cada caso, los osciladores neuronales son necesarios como generador de tiempo para tal comportamiento. El ejemplo del circuito muestra cómo las neuronas individuales pueden ser llevadas a un comportamiento oscilante cuando se agrupan.

El comportamiento rítmico de esta red neuronal se basa en la retroalimentación negativa retardada a través de una sinapsis de veto. De este modo, la señal de entrada se desconecta a intervalos de tiempo regulares. Debido a la constante de tiempo de la membrana del módulo neuronal (debido a sus propiedades capacitivas), no hay una caída abrupta de la señal. Con un retardo de tiempo que está determinado esencialmente por la intensidad de la señal, la pequeña excitación de la sinapsis de veto también conduce de nuevo a una inhibición tan pequeña que la señal de estimulación puede volver a ser efectiva. Es decir, la inhibición en la sinapsis de veto se vuelve tan débil después de algún tiempo de aumentar la fuerza inhibitoria que ya no puede inhibir la sinapsis excitatoria.

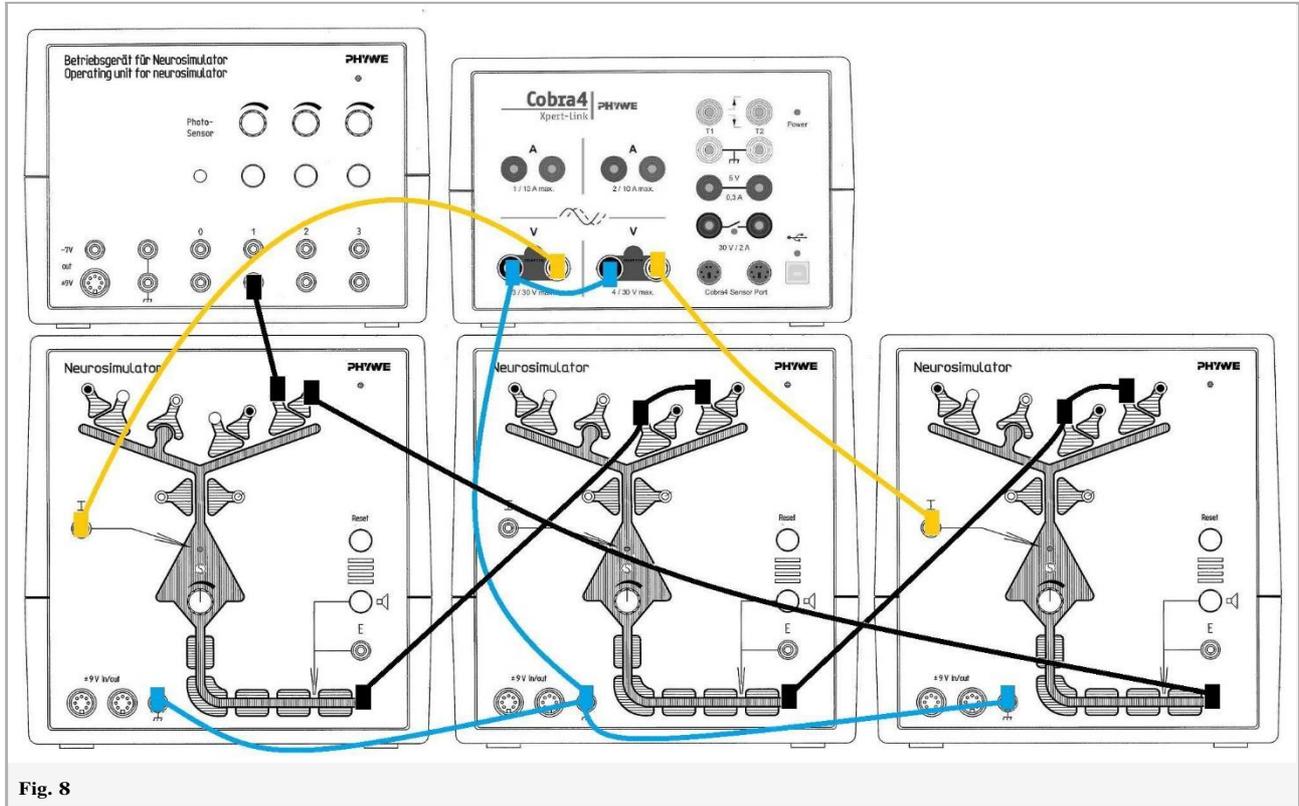
Puesta en marcha y procedimiento

Conecte el Xpert-Link al PC.

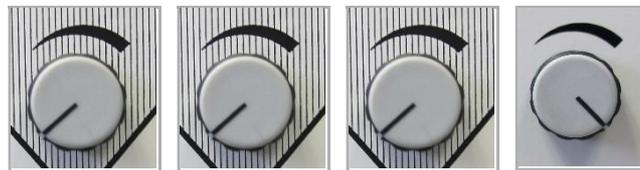
1. Respuestas transitorias

El ensayo se realiza según la Fig. 8.

Para la medición de la tensión se necesitan dos adaptadores BNC (enchufe/enchufe de 4 mm).



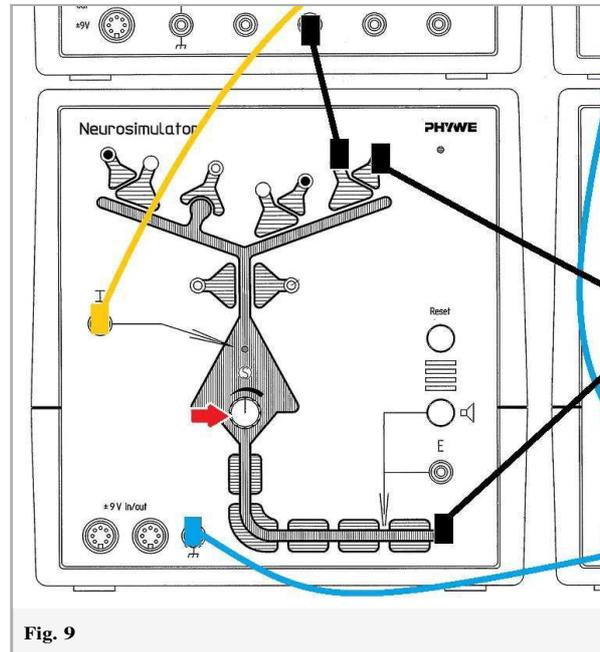
- **Neuroestimulador 1, umbral del**
- **mando: 0% Neuroestimulador 2,**
- **umbral del mando: 0%**
- **Neuroestimulador 3, umbral del**
- **mando: 0%**
- **Unidad de operación, intensidad de estimulación de**
- **la perilla 1: 100%.**



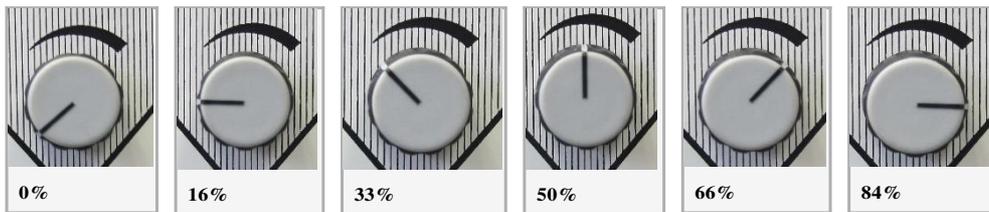
- **Iniciar la medición en la ventana de medición.**
- **Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 15 segundos.**
- **Terminar la medición tan pronto como la tensión haya alcanzado el valor**
- **inicial. Guarde y evalúe los resultados.**

2. Respuestas transitorias con diferentes umbrales en el Neuroestimulador 1

Cambie la oscilación según los diferentes ajustes de la perilla de umbral del NeuroSimulador 1 (Fig. 9).



Ajustes del umbral:



- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- 1. Comience con la perilla de umbral en 0%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- 2. Gire la perilla de umbral al 16%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- 3. Gire la perilla de umbral al 33%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- 4. Gire la perilla de umbral al 50%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- 5. Gire la perilla de umbral en 66%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- 6. Gire la perilla de umbral al 84%. Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente 5 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- Terminar la medición, guardar y evaluar los resultados.

Resultados y evaluación

1. Respuestas transitorias

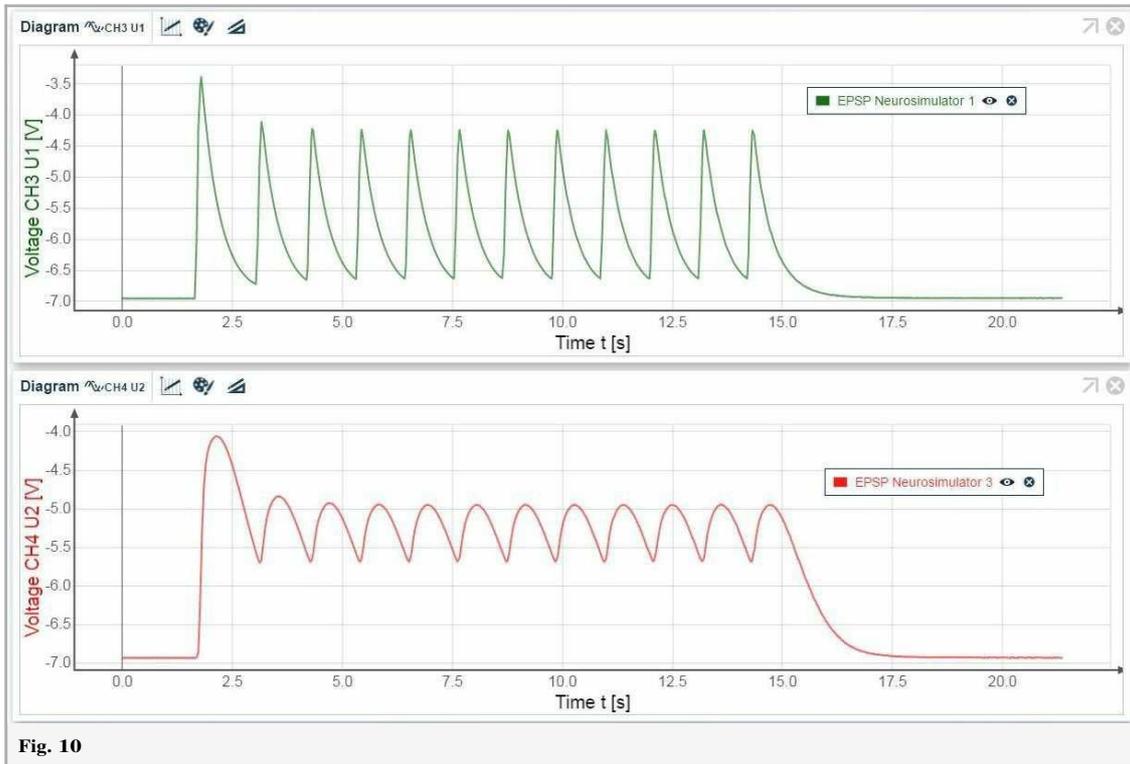


Fig. 10

2. Respuestas transitorias con diferentes umbrales en el Neuroestimulador 1

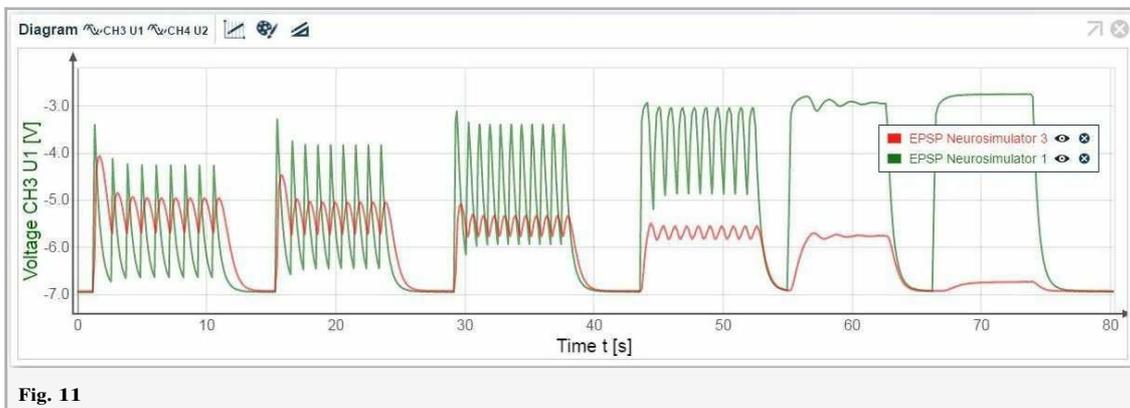


Fig. 11

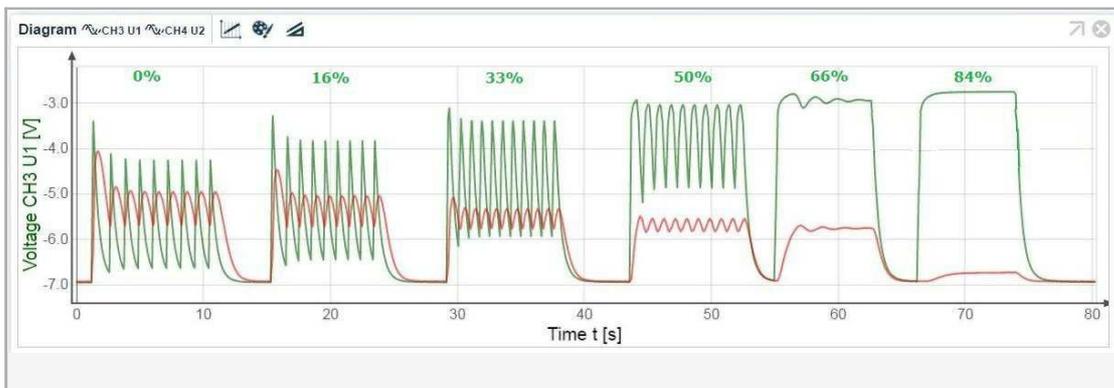


Fig. 12

Excitación rotativa (memoria a corto plazo)

Introducción

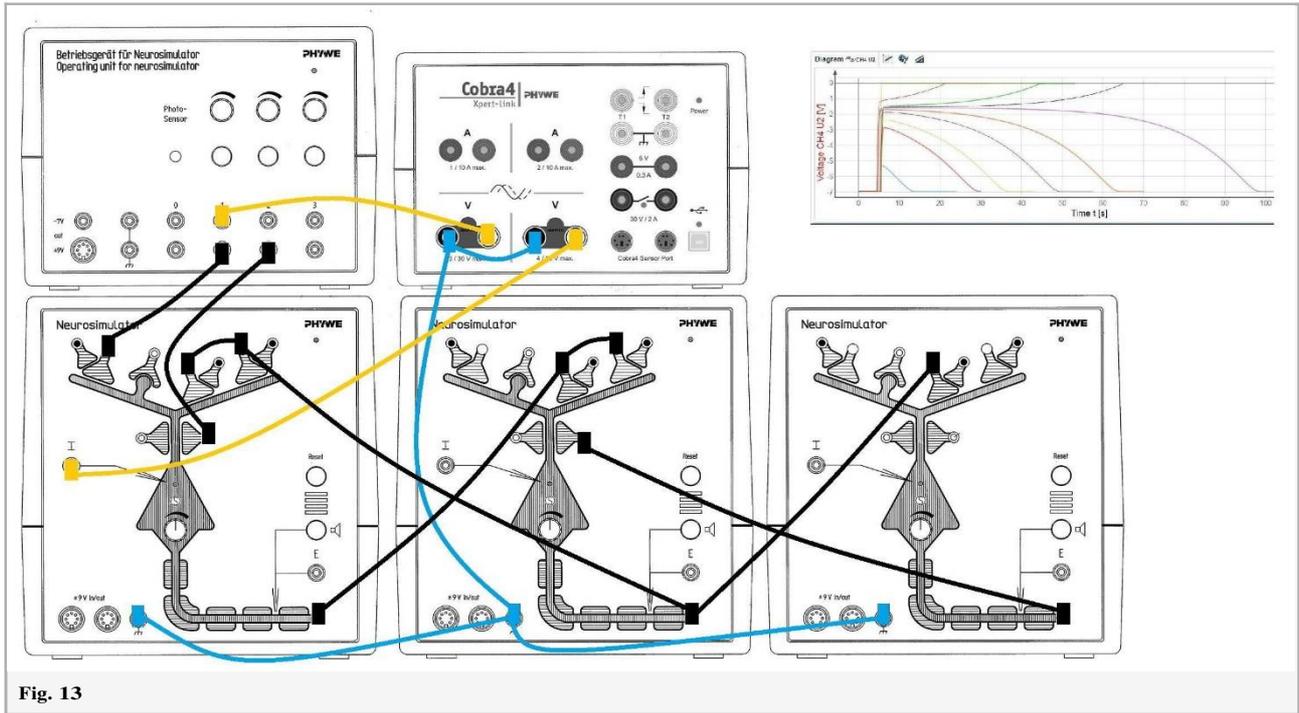


Fig. 13

Esta excitación autoconservadora dentro de una red neuronal es ejemplar para la memoria a corto plazo, porque un estímulo se mantiene durante algún tiempo dentro de esta red.

Los neuroestimuladores 1 (a la izquierda) y 2 (en el centro) forman un bucle de retroalimentación positiva, es decir, una vez que se ha iniciado un estímulo corto, la señal sigue siendo transmitida. El tercer neuroestimulador (a la derecha) actúa como interneurona inhibidora del neuroestimulador.

2.

Esta configuración permite estudiar varias variaciones, cambiando la intensidad del estímulo y los niveles de umbral de las neuronas 1 o 2 y la interneurona inhibidora.

Puesta en marcha y procedimiento

Notas: Cada persona presiona el botón **específicamente**. Para obtener una duración de señal similar, todas las partes de este experimento deben ser realizadas por la misma persona.

1. Variación de la excitación rotativa: variación de la duración del estímulo

El ensayo se realiza según la Fig. 14.

Para la medición de la tensión se necesitan dos adaptadores BNC (enchufe/enchufe de 4 mm).

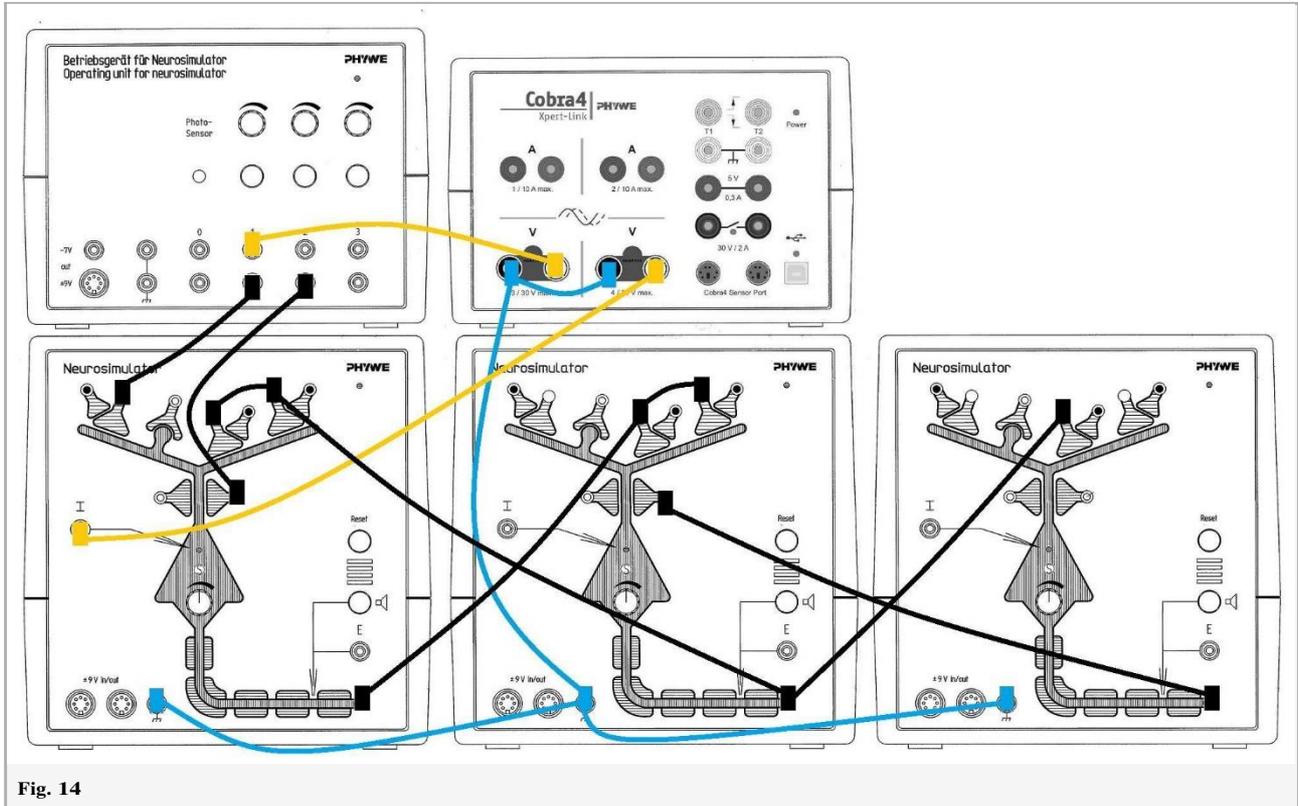
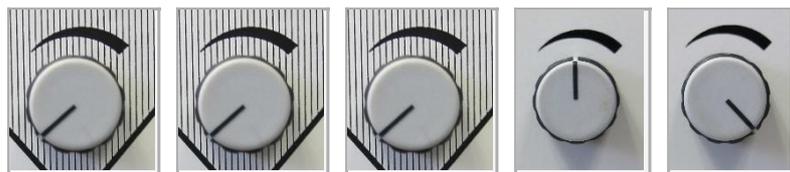


Fig. 14

- Neuroestimulador 1, umbral del mando: 0% Neuroestimulador 2, umbral del mando: 0%
- Neuroestimulador 3, umbral del mando: 0%
- Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 1: 50%.
- Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 2: 100%.



1.1. Excitación convulsiva

- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Pulse el botón de estimulación 1 durante aproximadamente un segundo.
- Terminar la medición tan pronto como la tensión haya alcanzado el valor inicial. Detenga la excitación convulsiva pulsando el botón de estimulación 2.
- Guarde y evalúe los resultados.

1.2. Amortiguación

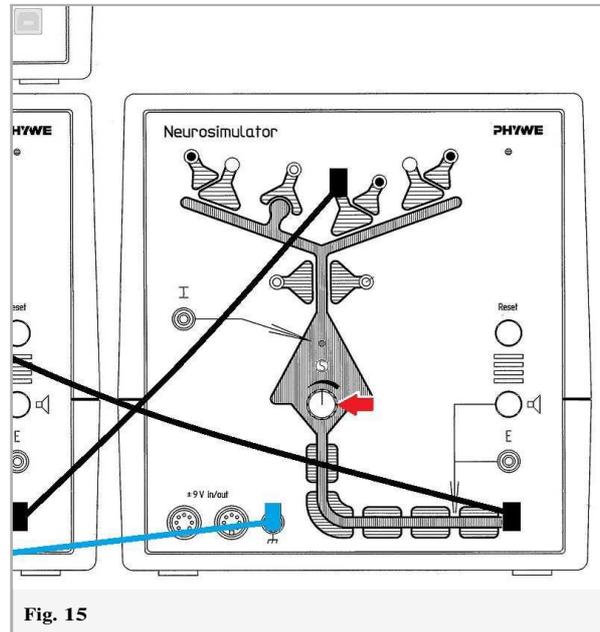
- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Presione el botón de estimulación 1 menos de un segundo (toque muy corto, como en una estufa caliente).
- Terminar la medición tan pronto como la tensión haya alcanzado el valor inicial. Guarde y evalúe los resultados.

2. Variación de la excitación rotativa: variación de la intensidad del estímulo

- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Presione el botón de estimulación 1 menos de un segundo (toque muy corto, como en una estufa caliente).
- Terminar la medición tan pronto como la tensión haya alcanzado el valor inicial. Grabe los resultados.
- Repetir la medición varias veces. Cambiar mínimamente la intensidad de la señal para cada medición: girar mínimamente el botón para la intensidad de estimulación 1, ambas direcciones son posibles. El objetivo es obtener diagramas con excitación convulsiva y con amortiguación.
- Guarde cada vez los resultados y evalúelos. Antes de cada medición, detenga la excitación convulsiva pulsando el botón de estimulación 2.

3. Variación de la excitación rotativa: variación del umbral, equilibrio

Cambie los ajustes del potenciómetro de umbral del NeuroSimulador 3 al 16% (Fig. 15). El neuroestimulador 3 es equivalente a la neurona inhibidora.



- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Presione el botón de estimulación 1 menos de un segundo (toque muy corto, como en una estufa caliente).
- Al modificar el umbral de activación de la interneurona inhibitoria (Neuroestimulador 3) durante la medición, se puede mantener un equilibrio entre los efectos de la retroalimentación positiva del ciclo neurona-neurona (Neuroestimuladores 1 y 2) y la retroalimentación negativa de la interneurona (ver resultados). Finalizar la medición y guardar los resultados.

Resultados y evaluación

1. Variación de la excitación rotativa: variación de la duración del estímulo

1.1. Excitación convulsiva

Primer ejemplo de excitación convulsiva:

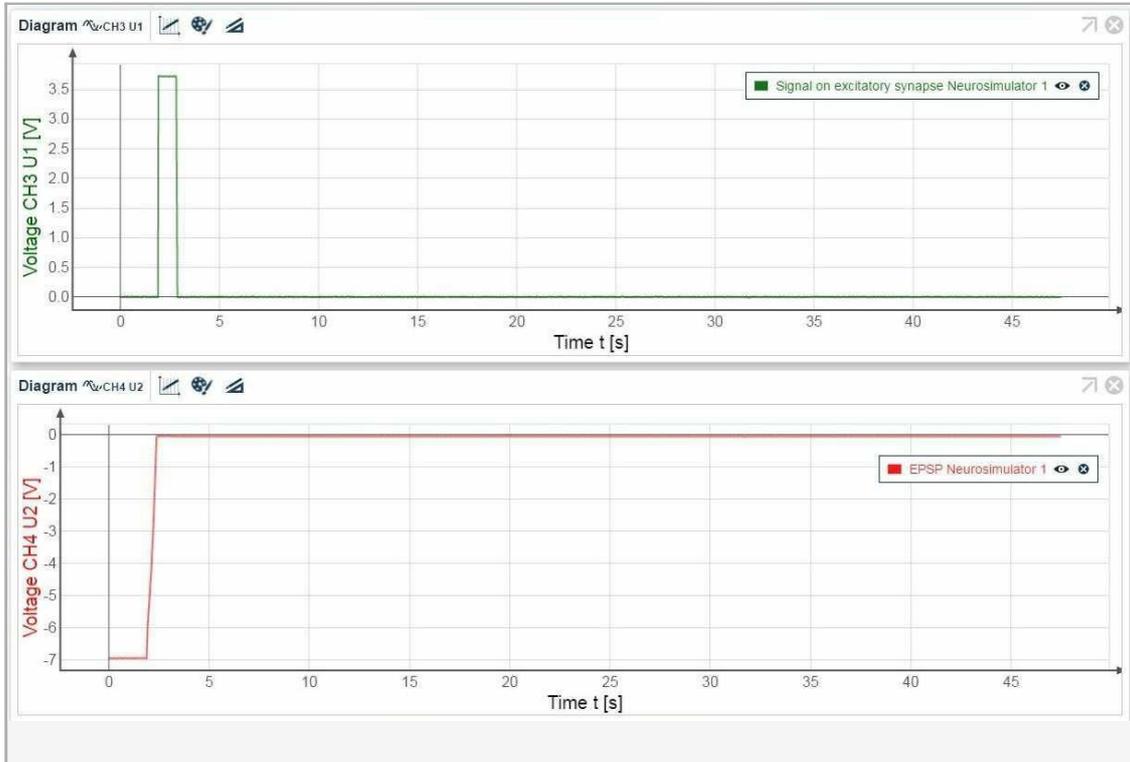


Fig. 16

Segundo ejemplo de excitación convulsiva:

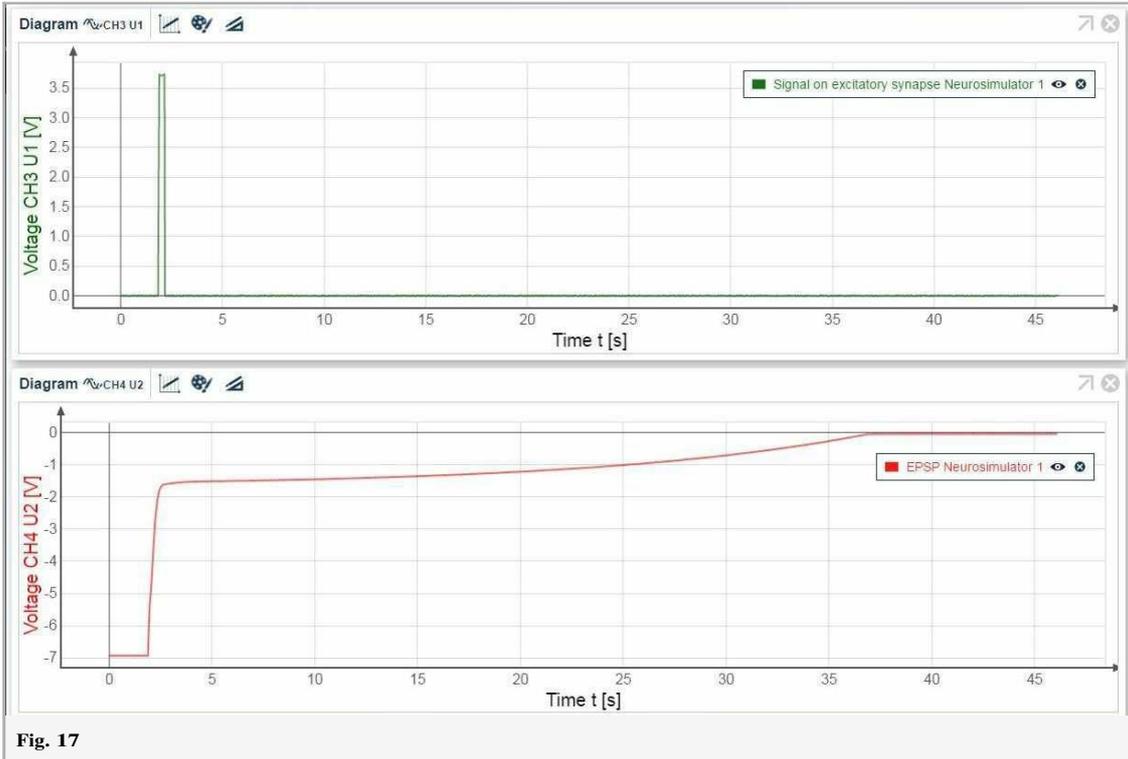


Fig. 17

1.2. Amortiguación

Ejemplo de amortiguación:

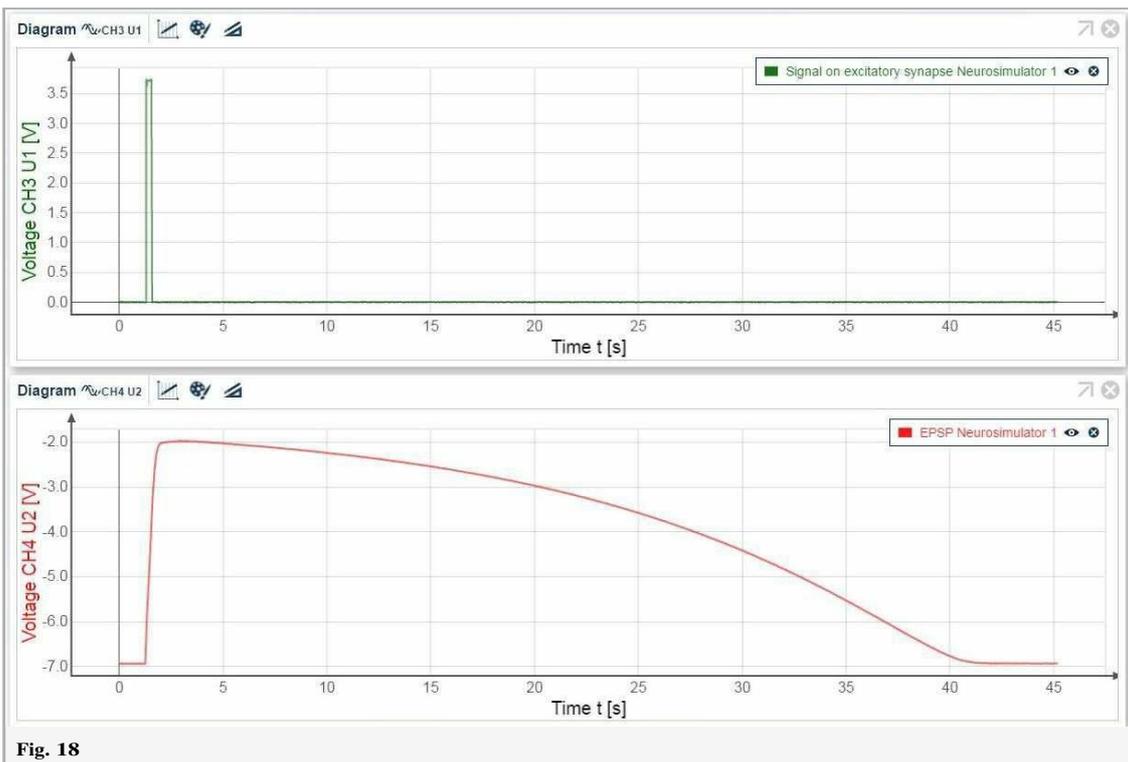


Fig. 18

2. Variación de la excitación rotativa: variación de la intensidad del estímulo

Ejemplos de excitación convulsiva y amortiguación utilizando diferentes intensidades de estímulo.

Sugerencia: La forma más conveniente de leer los valores (intensidad de la señal U_{max} y duración $t = t_2 - t_1$) es cuando se utiliza el puntero del ratón. Mueva el puntero del ratón a lo largo de la línea del gráfico, como se muestra en la Fig. 17.

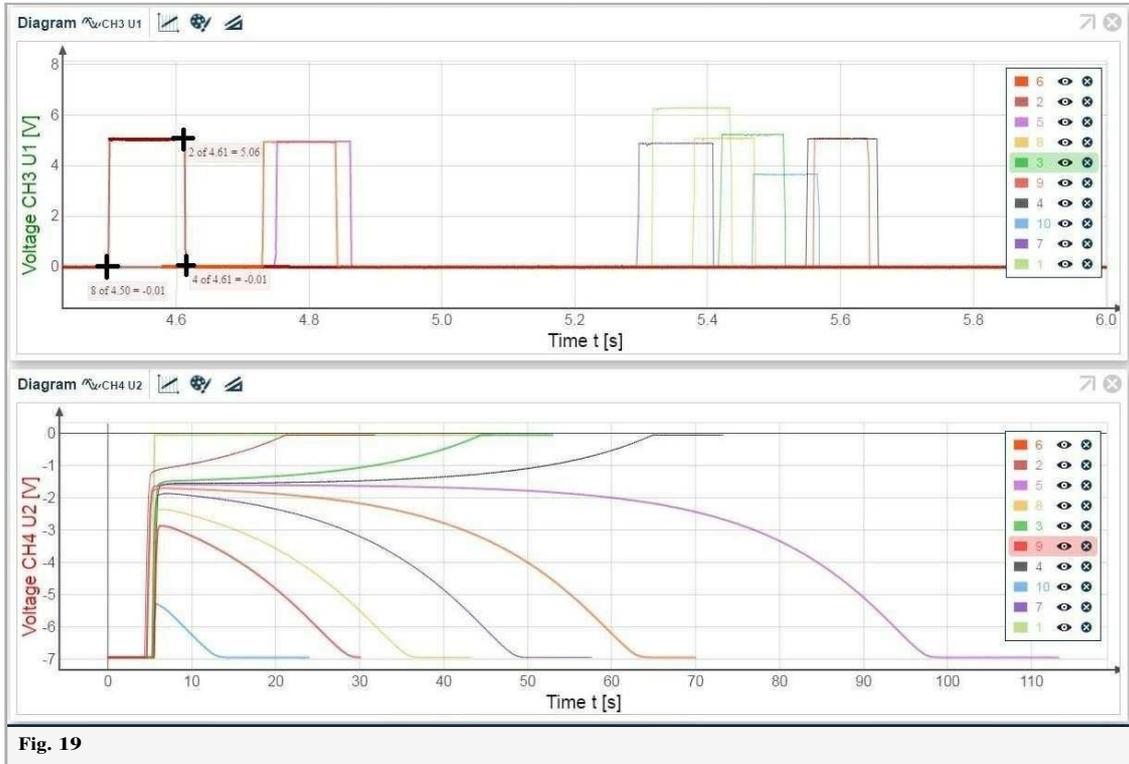


Fig. 19

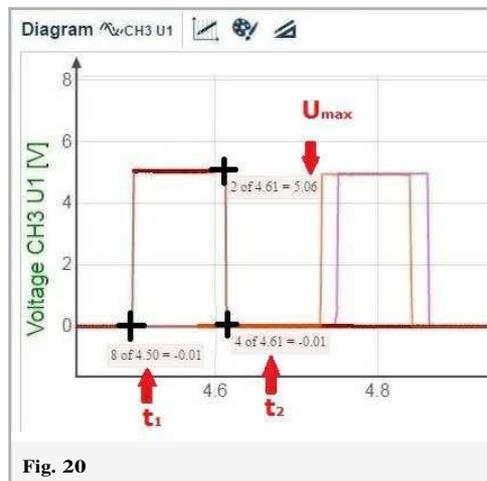


Fig. 20

Ejemplos de diferentes excitaciones rotativas dependiendo de la intensidad y duración de la señal:

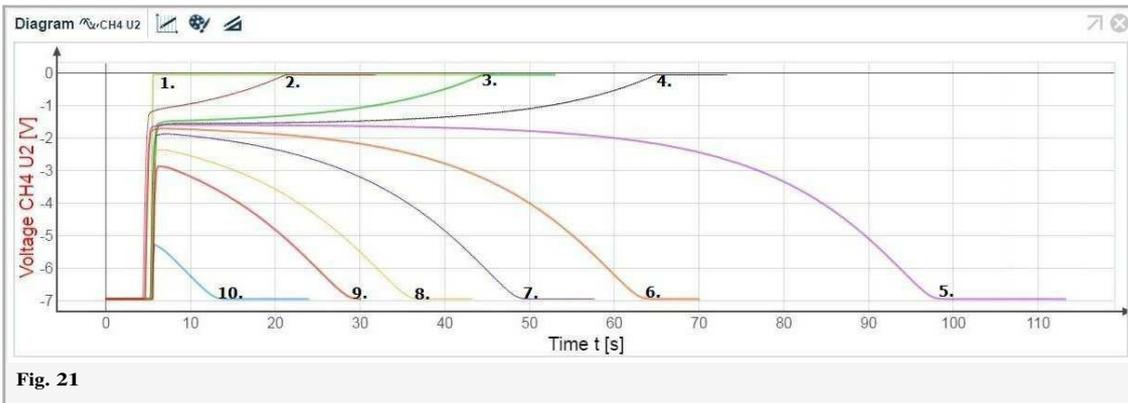


Fig. 21

Número	intensidad de señal $\frac{U}{U_{0,v}}$	duración de señal t_1	excitación convulsiva	amortiguador
1.	6.28	0.12	x	
2.	5.05	0.11	x	
3.	5.24	0.10	x	
4.	5.09	0.11	x	
5.	4.96	0.11		x
6.	4.95	0.11		x
7.	4.89	0.11		x
8.	5.08	0.09		x
9.	5.09	0.08		x
10.	3.65	0.10		x

3. Variación de la excitación rotativa: variación del umbral, equilibrio

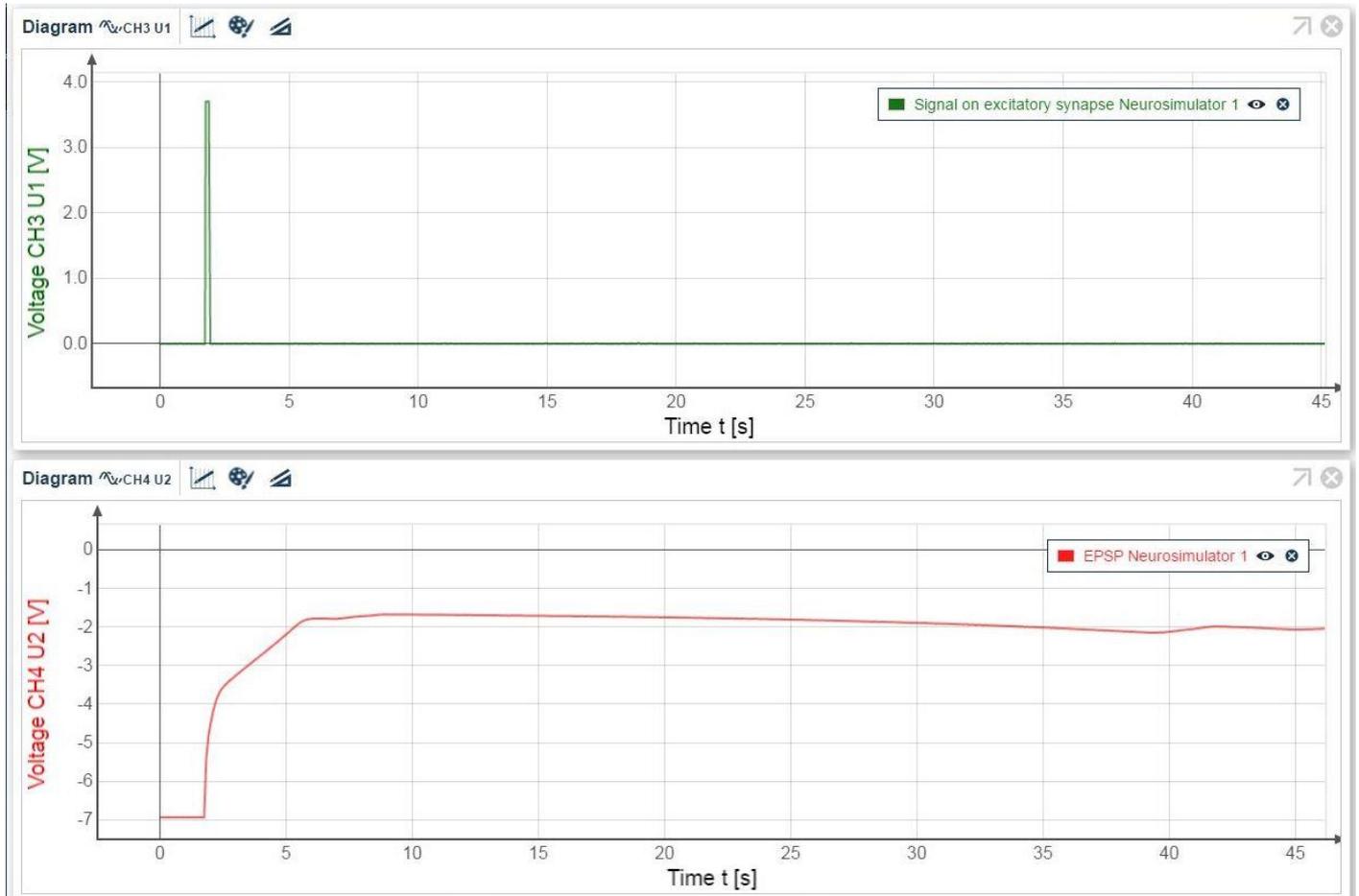


Fig.22

Corteza cerebral y aprendizaje sensorial

Introducción

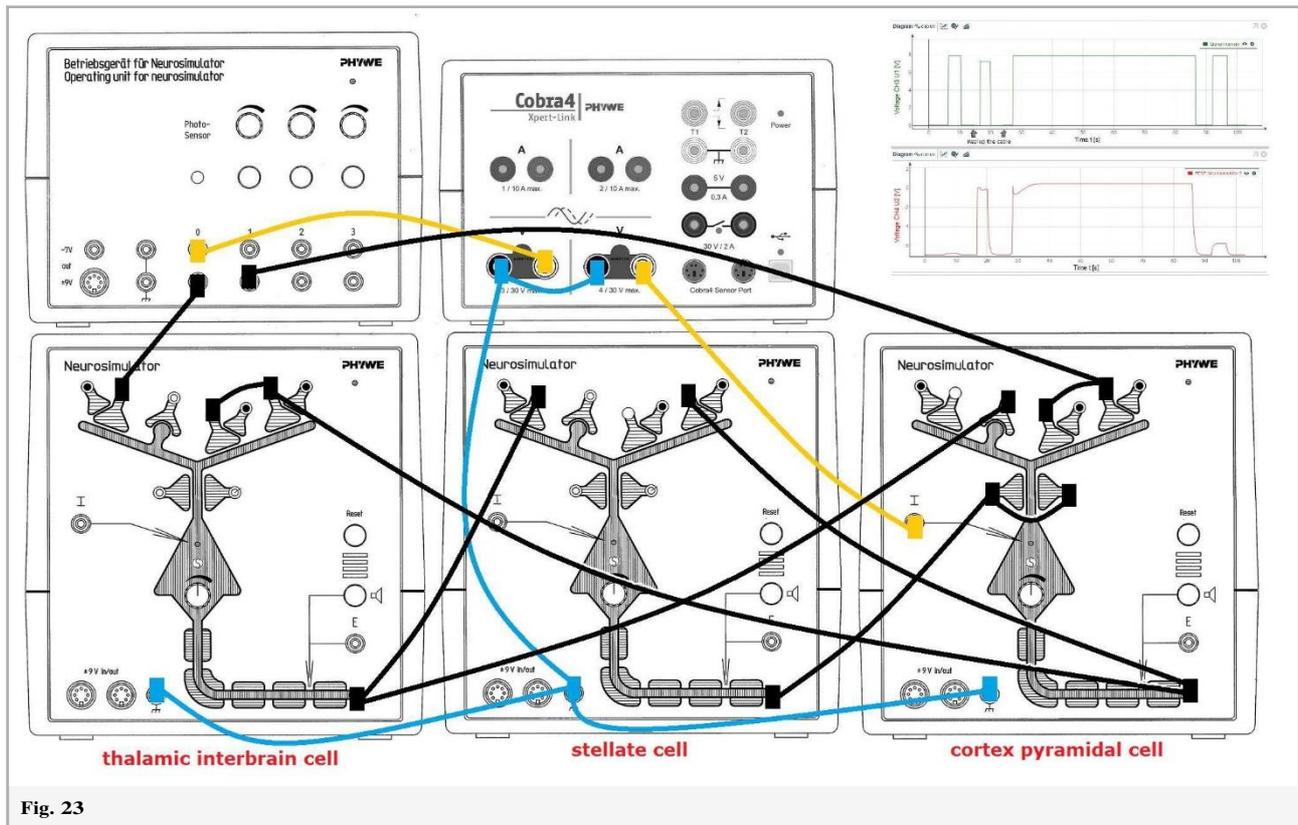


Fig. 23

Este experimento muestra que una célula piramidal de la corteza sólo puede responder a estímulos -específicamente, cuando ha aprendido esto por medio de una correlación anterior de la señal sensorial con una señal de alerta no específica. De esta manera, sólo se almacenan y procesan señales importantes y se evita la "sobrecarga" de la corteza cerebral.

El canal óptico (fotosensor) proporciona la señal específica de un órgano sensorial que excita una célula intercerebral talámica, que a su vez excita la sinapsis hebbiana de una célula piramidal de la corteza. La célula piramidal de la corteza también es estimulada por un estímulo inespecífico (canal 1). Al mismo tiempo, una célula estrellada inhibe la célula piramidal. Estos tres tipos de células forman la tríada.

El procesamiento de las señales sensoriales y su asociación con programas motores ocurre en la corteza cerebral de los mamíferos. Además, aquí se almacena la experiencia. En una etapa temprana de desarrollo, la corteza cerebral se encuentra en una condición difusa, no formada, en la cual el procesamiento de la señal no funciona con la precisión que lo hace en el organismo adulto. Esta capacidad sólo se adquiere lentamente con la participación activa en el medio ambiente. El procesamiento de estímulos también es el resultado de la adaptación del plástico. La coincidencia entre las diferentes estimulaciones es siempre necesaria para alcanzar una célula piramidal cortical y estabilizar las sinapsis del tipo de Hebb mediante una potenciación sostenida.

Puesta en marcha y procedimiento

El ensayo se realiza según la Fig. 24. Para la medición de la tensión se necesitan dos adaptadores BNC (enchufe/enchufe de 4 mm).

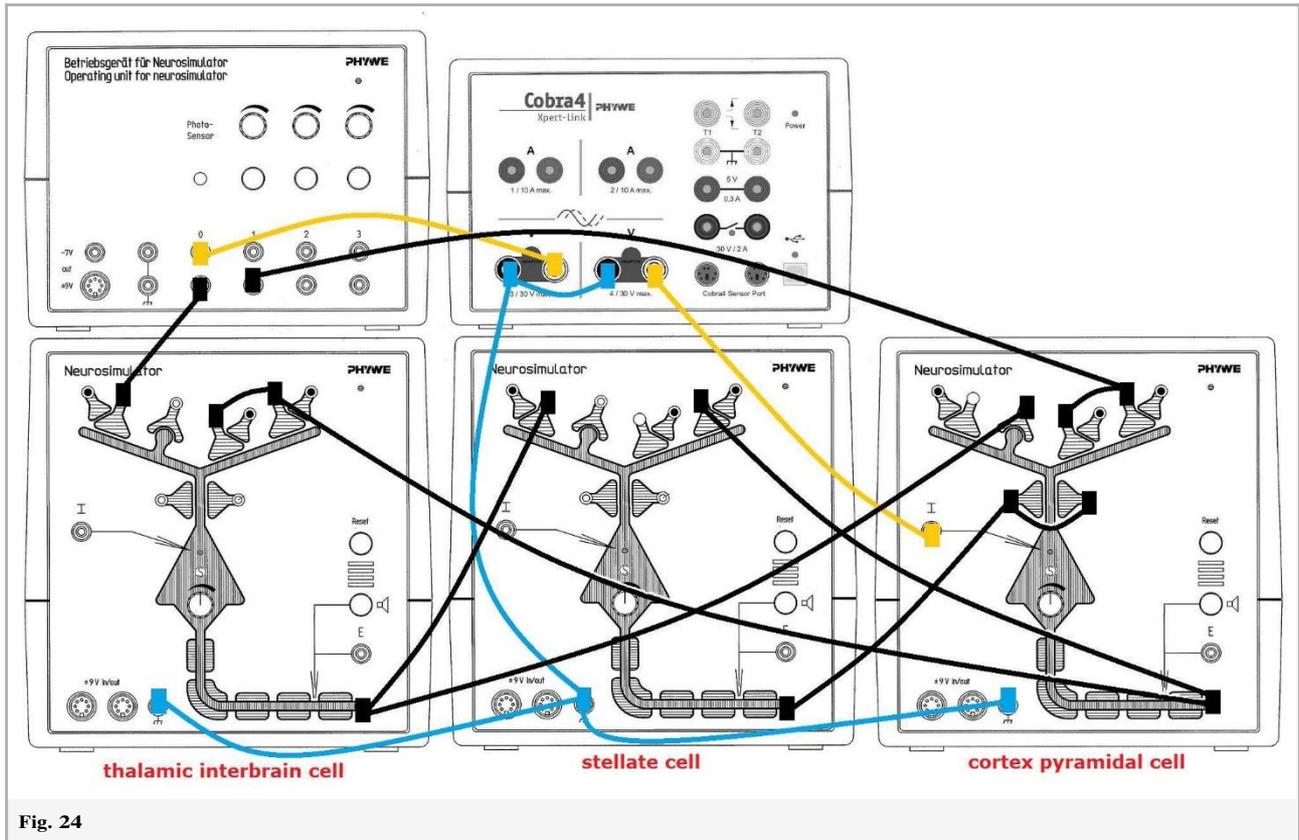
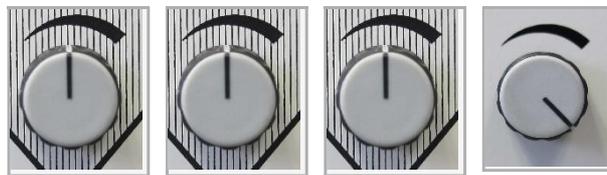


Fig. 24

- **Neuroestimulador 1, umbral del mando: 50%**
- **Neuroestimulador 2, umbral del mando: 50%**
- **Neuroestimulador 3, umbral del mando: 50%**
- **Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 1: 100%.**



- **Para establecer la sinapsis hebrea como predeterminada, pulse el botón de reinicio del NeuroSimulador 3 (célula piramidal de corteza).**
- **Iniciar la medición en la ventana de medición.**
- **Cubrir el fotosensor durante 3 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial. Vuelva a conectar el cable amarillo del canal 1 (flecha roja, Fig. 25).**

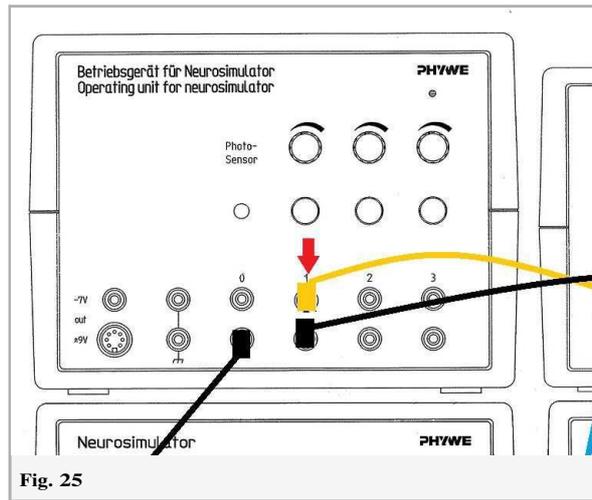


Fig. 25

- Presione el botón de estimulación 1 durante 3 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- Vuelva a conectar el cable amarillo del fotosensor (flecha roja, Fig. 26).

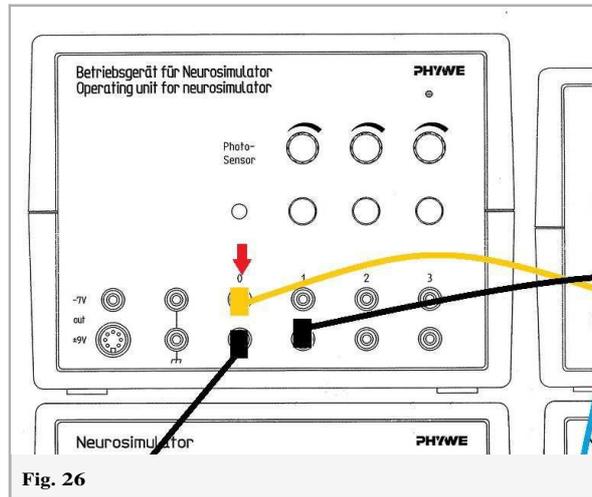


Fig. 26

- Cubra el fotosensor y pulse el botón de estimulación 1 (simultáneamente) durante 60 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial.
- Cubrir el fotosensor durante 3 segundos. Esperar hasta que la tensión haya alcanzado el valor inicial. Terminar la medición, guardar y evaluar los resultados.
- Para establecer la sinapsis hebrea como predeterminada, pulse el botón de reinicio del NeuroSimulador 3 (célula piramidal de corteza).

Resultados y evaluación

El curso del gráfico para la intensidad de la señal depende de la luminosidad de la habitación:

- Ejemplo 1: El exterior está nublado. Ejemplo 2: Afuera hace sol.
- Ejemplo 3: El fotosensor se ilumina con una linterna. Los resultados del EPSP son los mismos.

Ejemplo 1: El exterior está nublado.

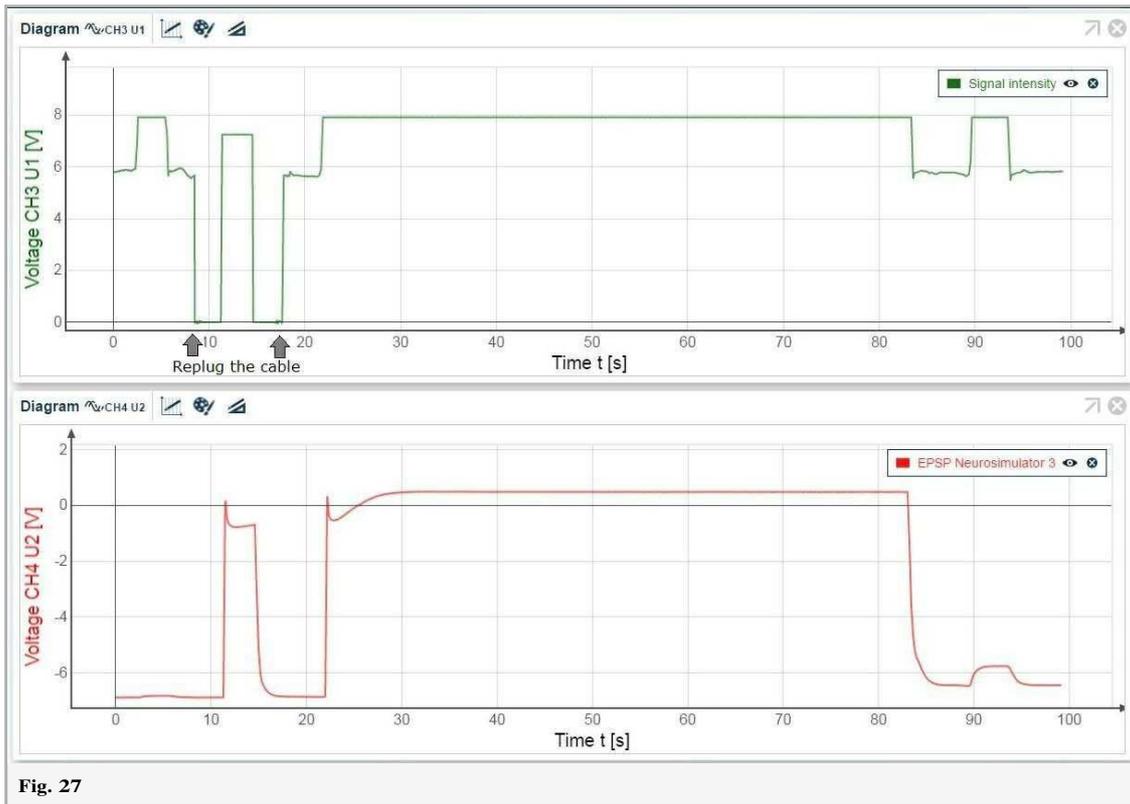


Fig. 27

Ejemplo 2: Afuera hace sol.

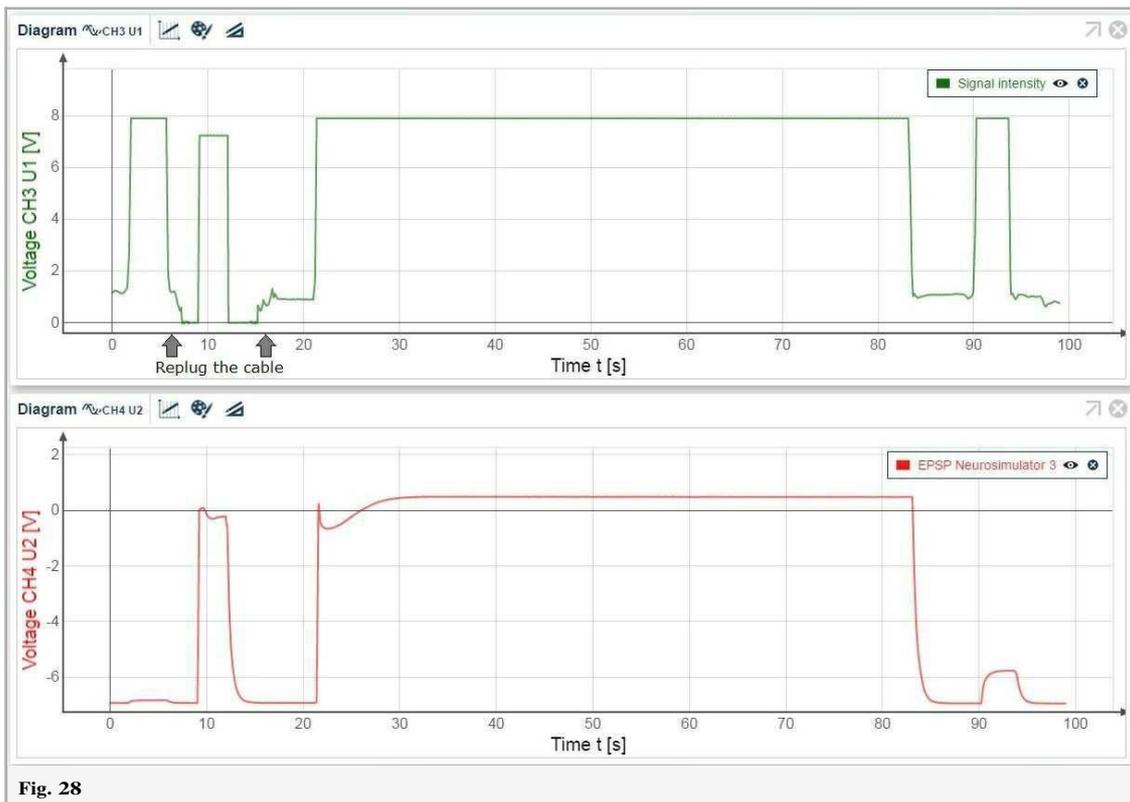


Fig. 28

Ejemplo 3: El fotosensor se ilumina con una linterna.

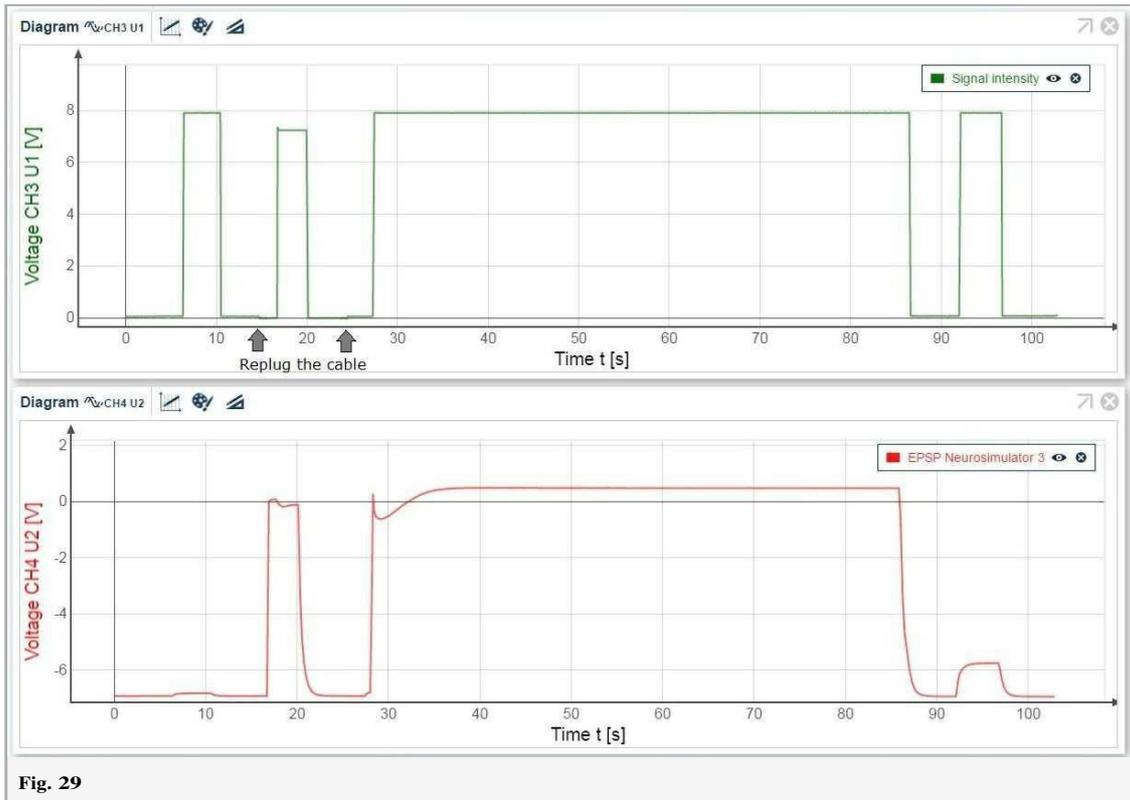


Fig. 29

En todos los casos, los resultados son los mismos:

Una célula piramidal de la corteza (Fig. 30, área 1.) sólo puede responder a estímulos específicos (área 4.) cuando ha aprendido esto mediante una correlación previa de la señal sensorial con una señal de alerta no específica (área 3.).

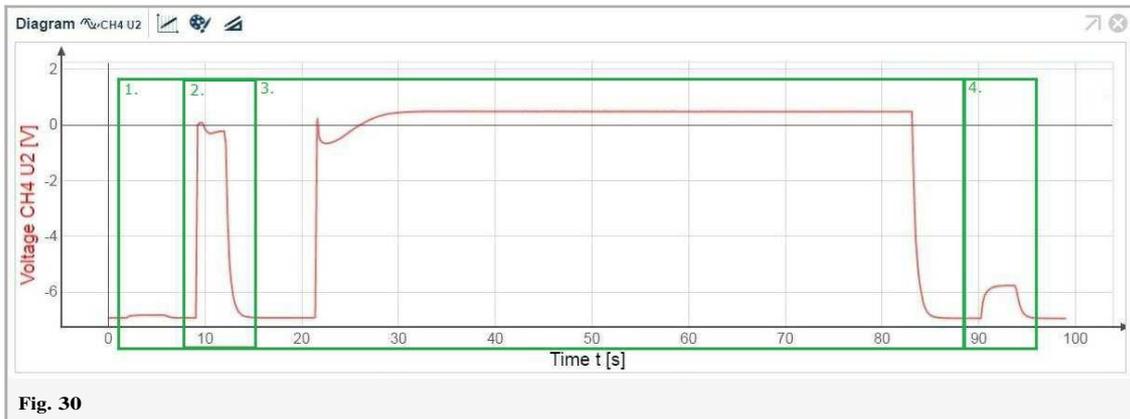


Fig. 30

Selectividad de dirección por inhibición unilateral

Introducción

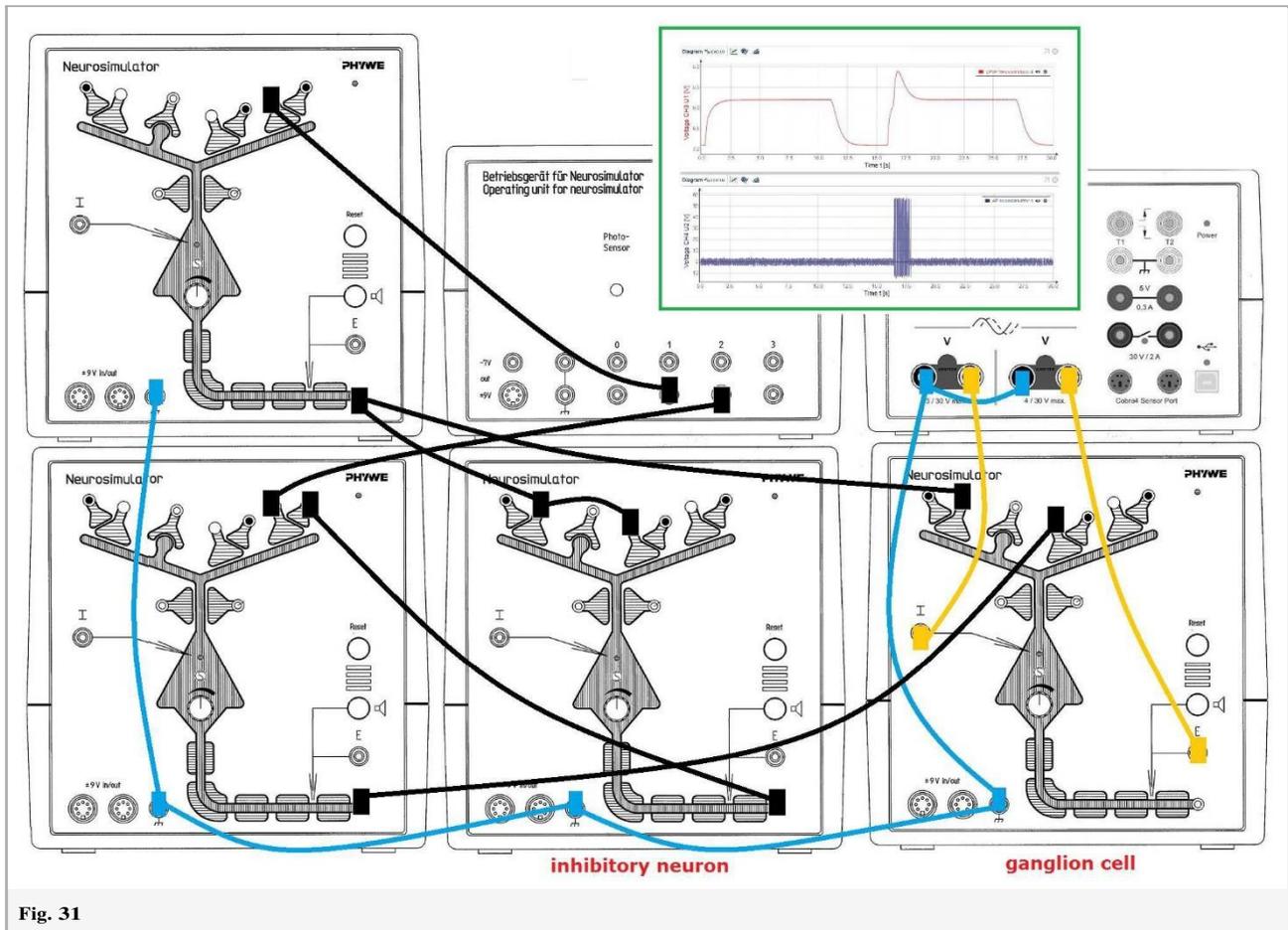


Fig. 31

Ejemplos: muchas células nerviosas en los sistemas sensoriales son selectivas en cuanto a la dirección. Por ejemplo, ciertas células ganglionares en la retina responden sólo cuando un estímulo de luz se mueve en una cierta dirección, pero no, sin embargo, por movimientos en la dirección inversa. Comportamiento similar también es conocido por el sentido del tacto. Este circuito neuronal puede ser simulado utilizando un circuito con inhibición unilateral entre dos canales de estímulo que se activan sucesivamente.

Los órganos sensoriales de proyección local, por ejemplo, la retina del ojo o la superficie del cuerpo con sus receptores táctiles, son básicamente capaces de codificar los movimientos (cambios de posición en el tiempo). En consecuencia, uno también encuentra, en estos canales de sentido, neuronas que se ocupan selectivamente de los movimientos de estímulo (véase también la respuesta On-Off). Algunas de estas células no reaccionan simplemente a cualquier movimiento, sino que responden sólo a ciertas direcciones de movimiento, mientras que otras permanecen sin respuesta. Su intensidad de respuesta es, por regla general, una función de la velocidad de movimiento, la dirección del movimiento y, en la mayoría de los casos, la intensidad del estímulo desplazado. Estas células se encuentran ya en la retina de la mayoría de los vertebrados, pero sólo en algunos de ellos en un nivel de procesamiento superior (por ejemplo, antropoides).

- Sólo se activa el monitor acústico de la célula ganglionar (Neuroestimulador 4).



- A continuación, enviando un estímulo sólo desde el canal de estímulo 1, **aumente el nivel de umbral de la célula ganglionar para que no se oiga ningún potencial de acción (monitor acústico de la célula ganglionar). Compruebe si el potencial de acción es audible cuando se activa el canal de estímulo 2. No debe haber una señal acústica también.**

Parte 1.

- **Iniciar la medición en la ventana de medición.**
- **Pulse el botón de estimulación 1 e inmediatamente después (casi simultáneamente) pulse el botón de estimulación 2. Termine la medición. Guarde y evalúe los resultados.**

Parte 2.

- **Iniciar la medición en la ventana de medición.**
- **Pulse el botón de estimulación 2 e inmediatamente después (casi simultáneamente) pulse el botón de estimulación 1. Termine la medición. Guarde y evalúe los resultados.**

Resultados y evaluación

Resultados

Parte 1.

No se genera ningún potencial de acción (AP).

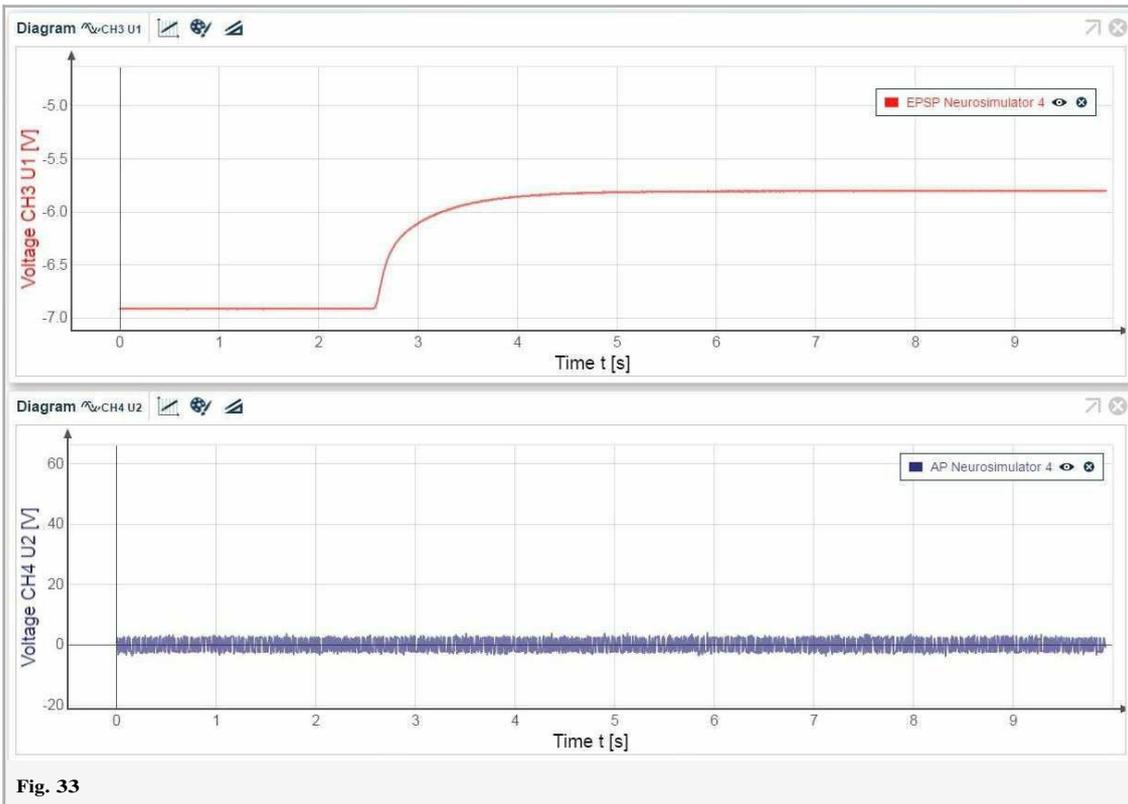


Fig. 33

Parte 2.

Se genera un potencial de acción (AP).

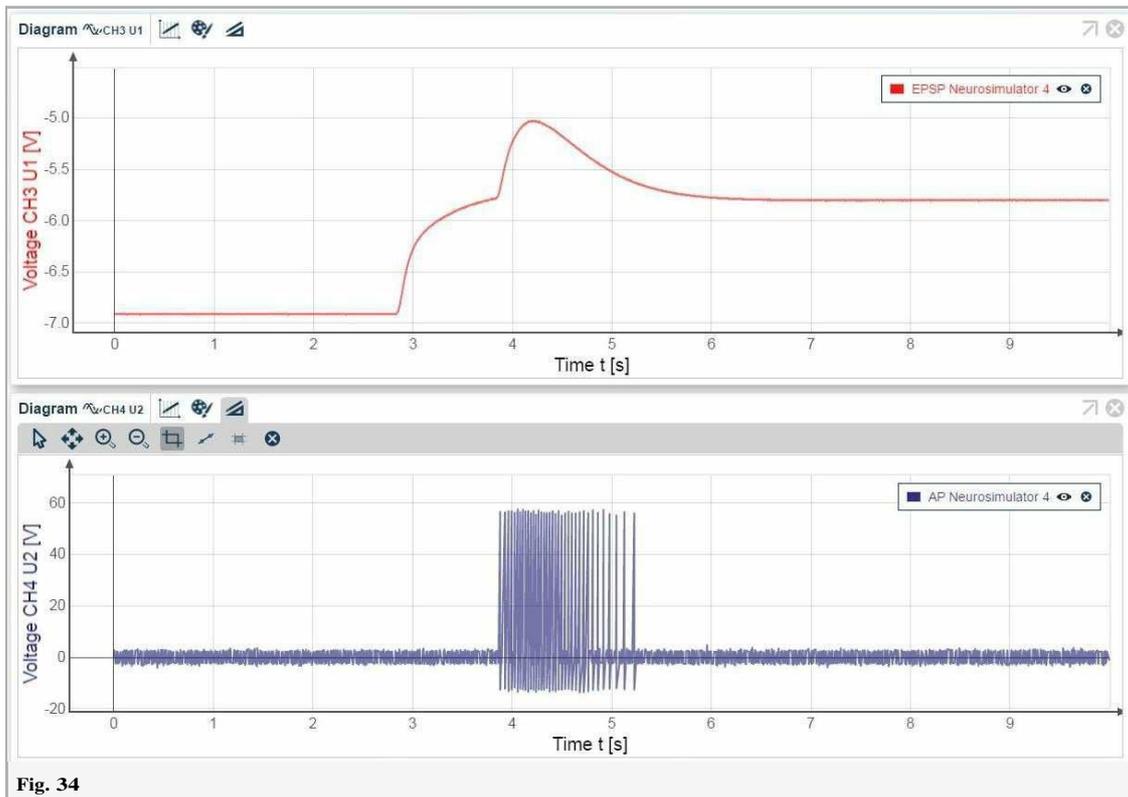


Fig. 34

Resultados en diferentes entornos

Se pueden utilizar diferentes ajustes en measureLAB dependiendo del ordenador utilizado. El resultado es siempre claro, pero la calidad del diagrama depende de los ajustes.

1. Ejemplo 3: Medición a 10 kHz (baja calidad)
2. Ejemplo 3: Medición a 50 kHz
3. Ejemplo 3: Medición a 100 kHz (alta calidad)

Ejemplo 1: Medición a 10 kHz.

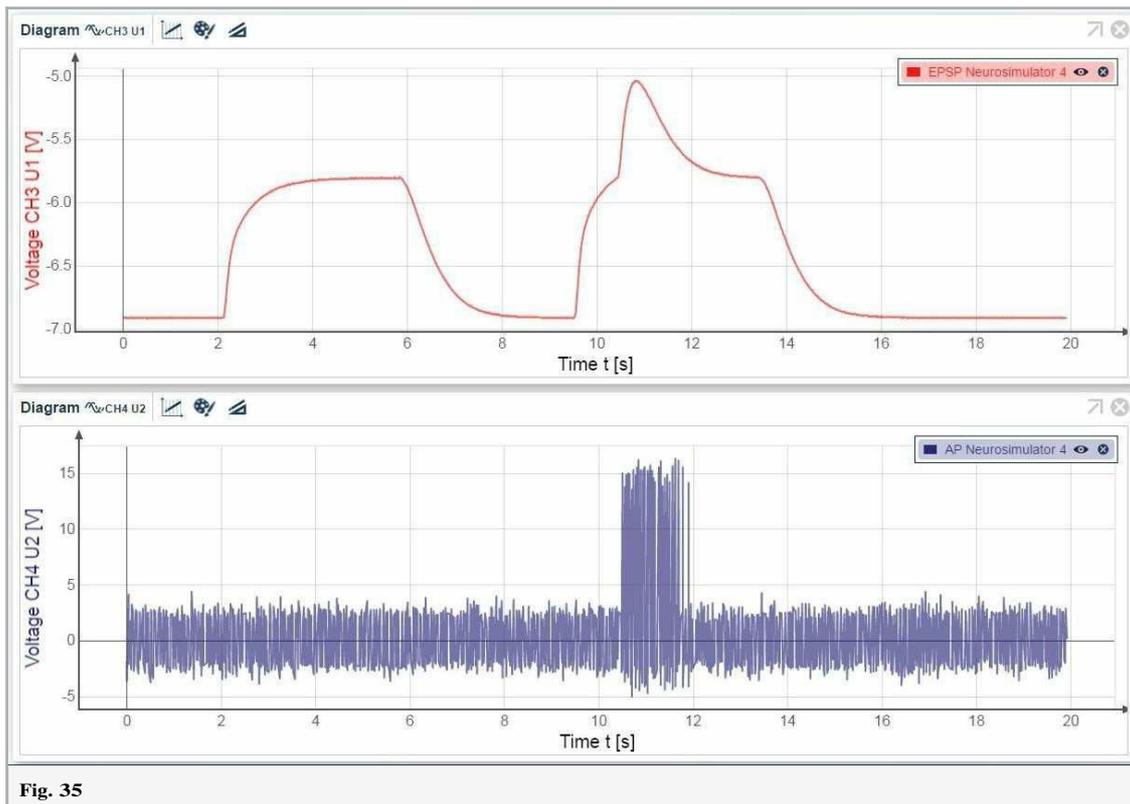
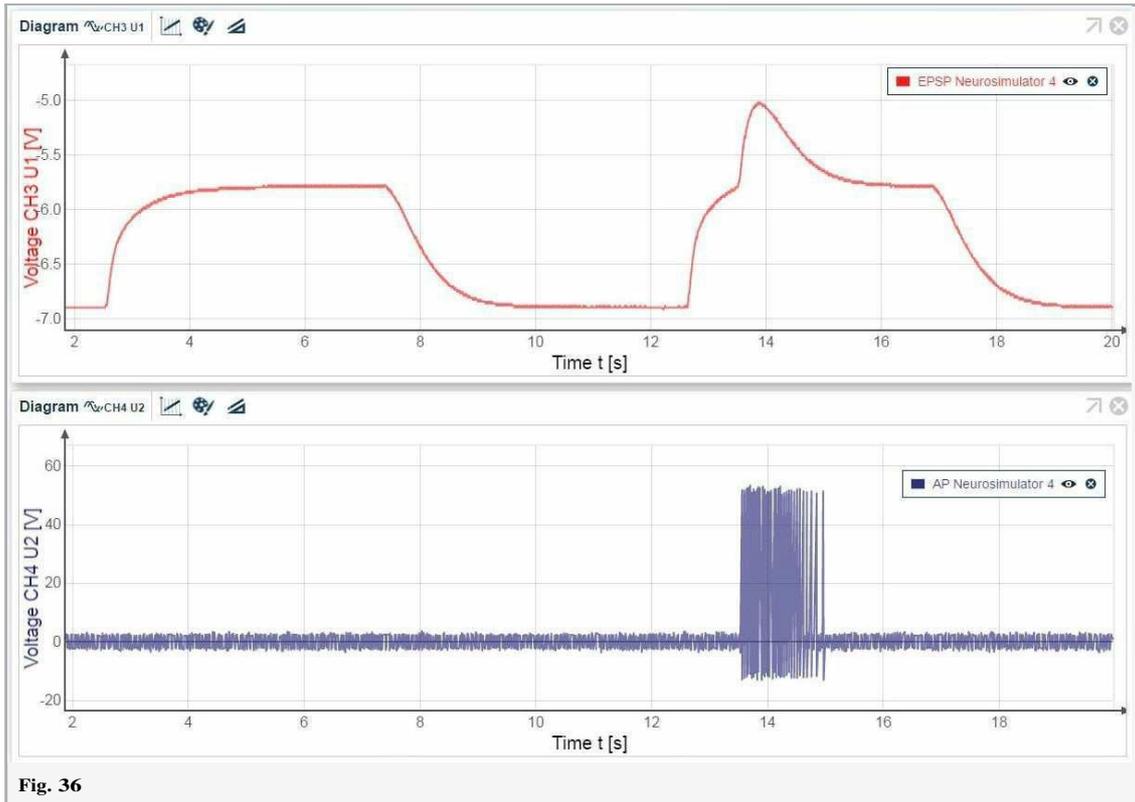
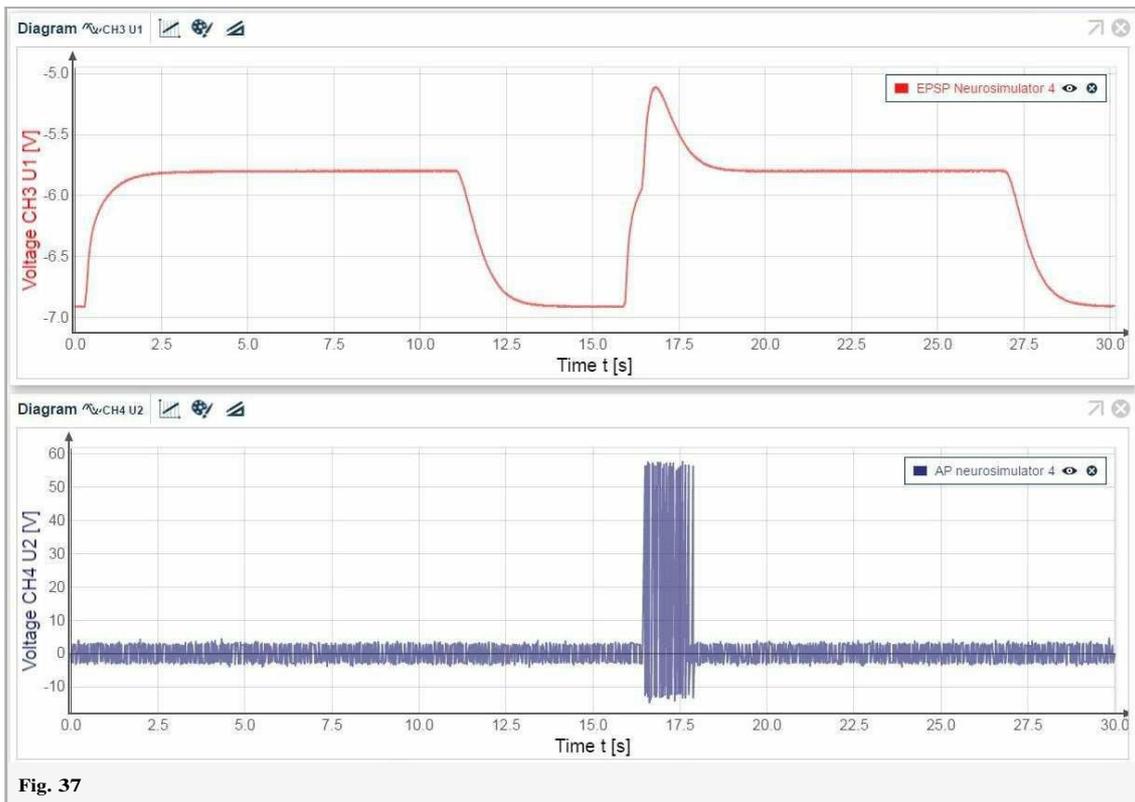


Fig. 35

Ejemplo 2: Medición a 50 kHz.



Ejemplo 3: Medición a 100 kHz.



Medición a 100 kHz: área ampliada de AP.

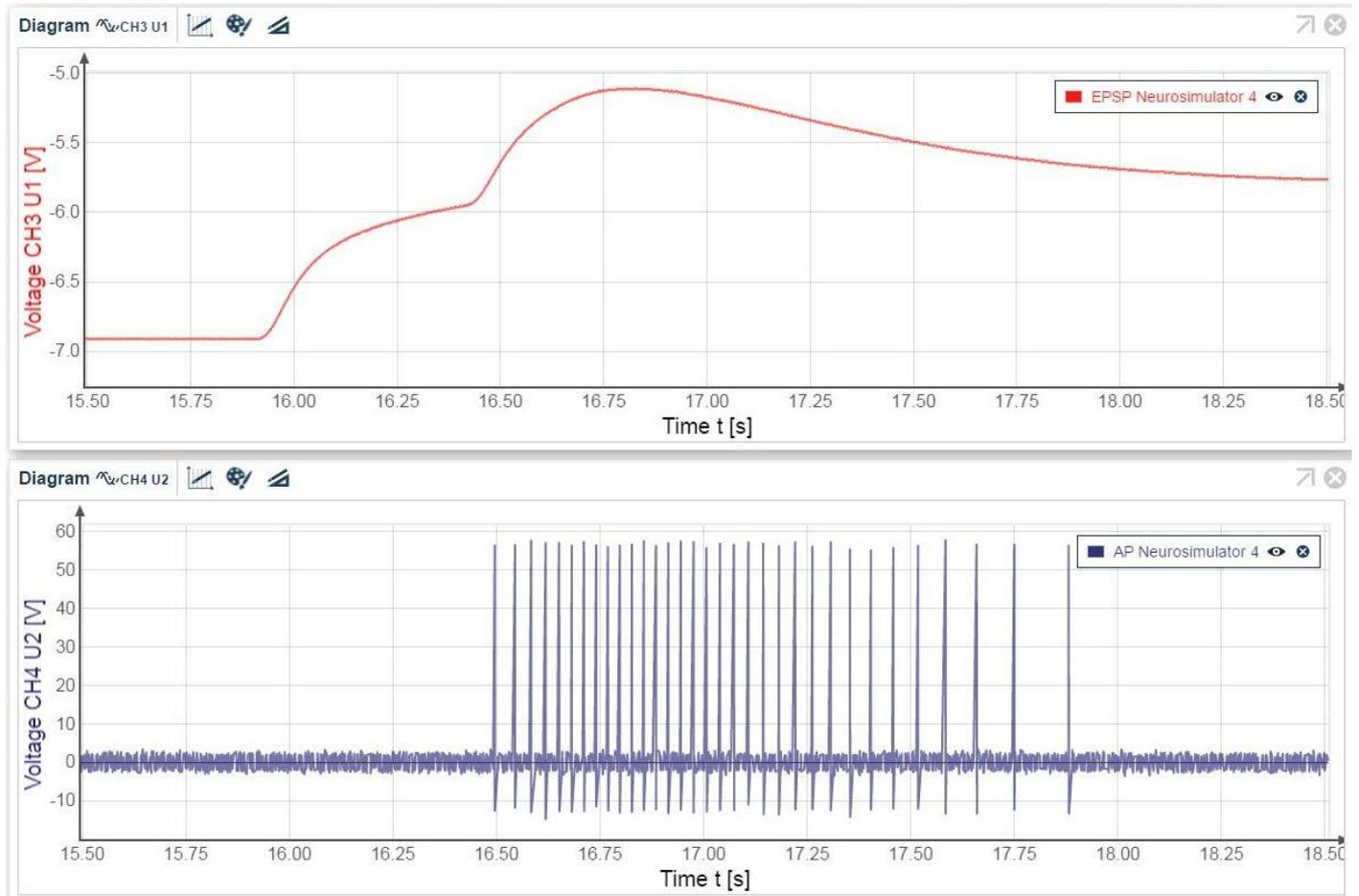


Fig. 38

Autocalibración de los canales sensoriales emparejados

Introducción

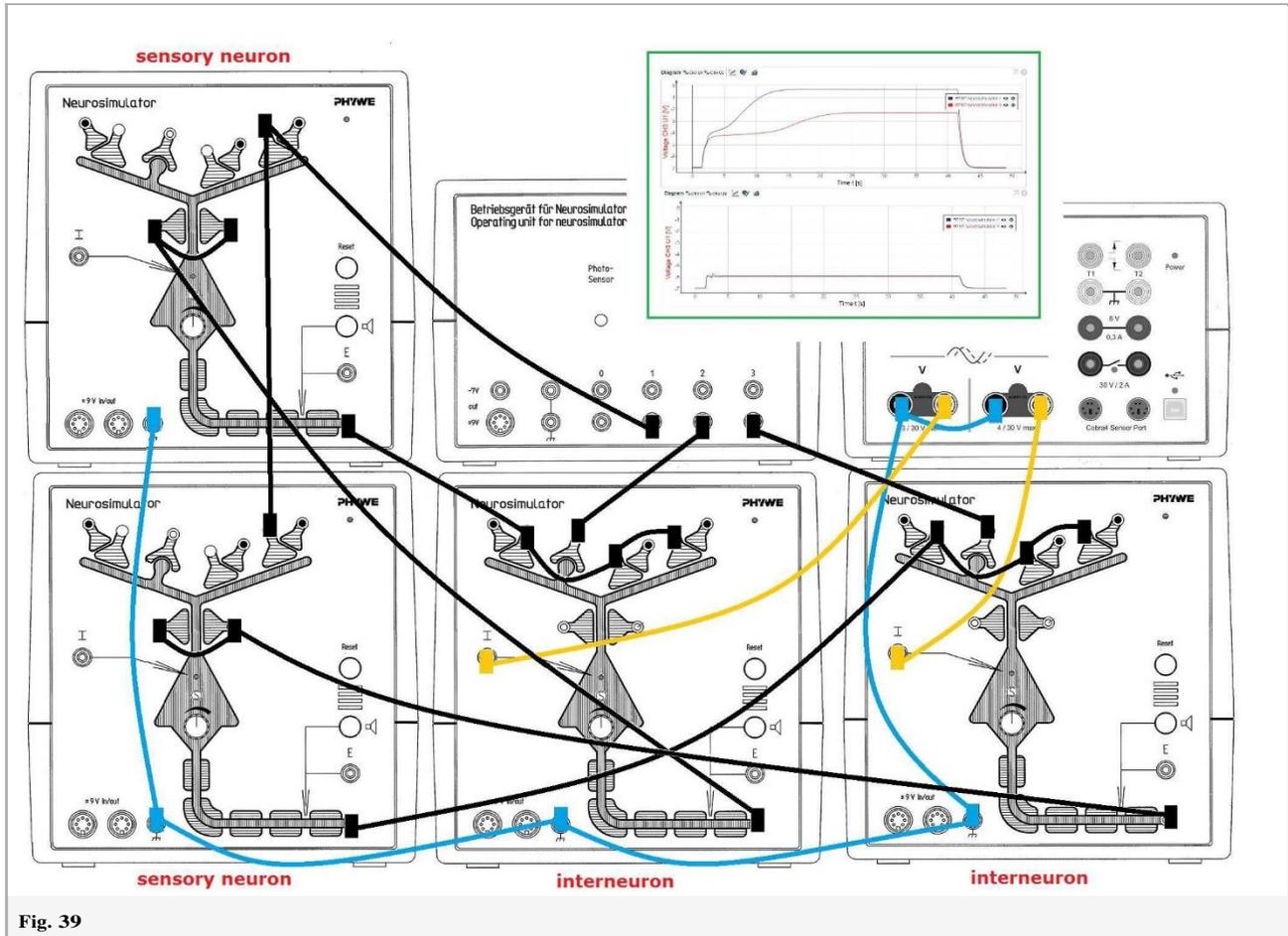


Fig. 39

Ejemplo: la formación embrionaria de especies simétricas no es perfecta, lo que resulta en ligeras irregularidades de la simetría. Las irregularidades de los epitelios sensoriales, por ejemplo en el órgano del equilibrio, pueden ser compensadas por el sistema nervioso: El principio hebreo ofrece la posibilidad de ajustar las señales de salida para que sean simétricas cuando los órganos sensoriales son asimétricos.

Montaje experimental: Hay dos neuronas sensoriales y dos interneuronas (dos pares sensoriales de neurona e interneurona). Se envían señales asimétricas a las sinapsis hebreas de las dos neuronas sensoriales. Una señal generada por el fotosensor de la unidad operativa es enviada a las dos interneuronas, las cuales, a través de su axón eferente, envían la señal a su pareja neuronal sensorial, donde la señal es amplificada mediante la ramificación de la señal. Ambas neuronas sensoriales inhiben sus propias interneuronas.

Puesta en marcha y procedimiento

Sin autocalibración de los canales sensoriales emparejados

El ensayo se realiza según la Fig. 40.
Para la medición de la tensión se necesitan dos adaptadores BNC (enchufe/enchufe de 4 mm). Deje dos cables desenchufados (flechas rojas).

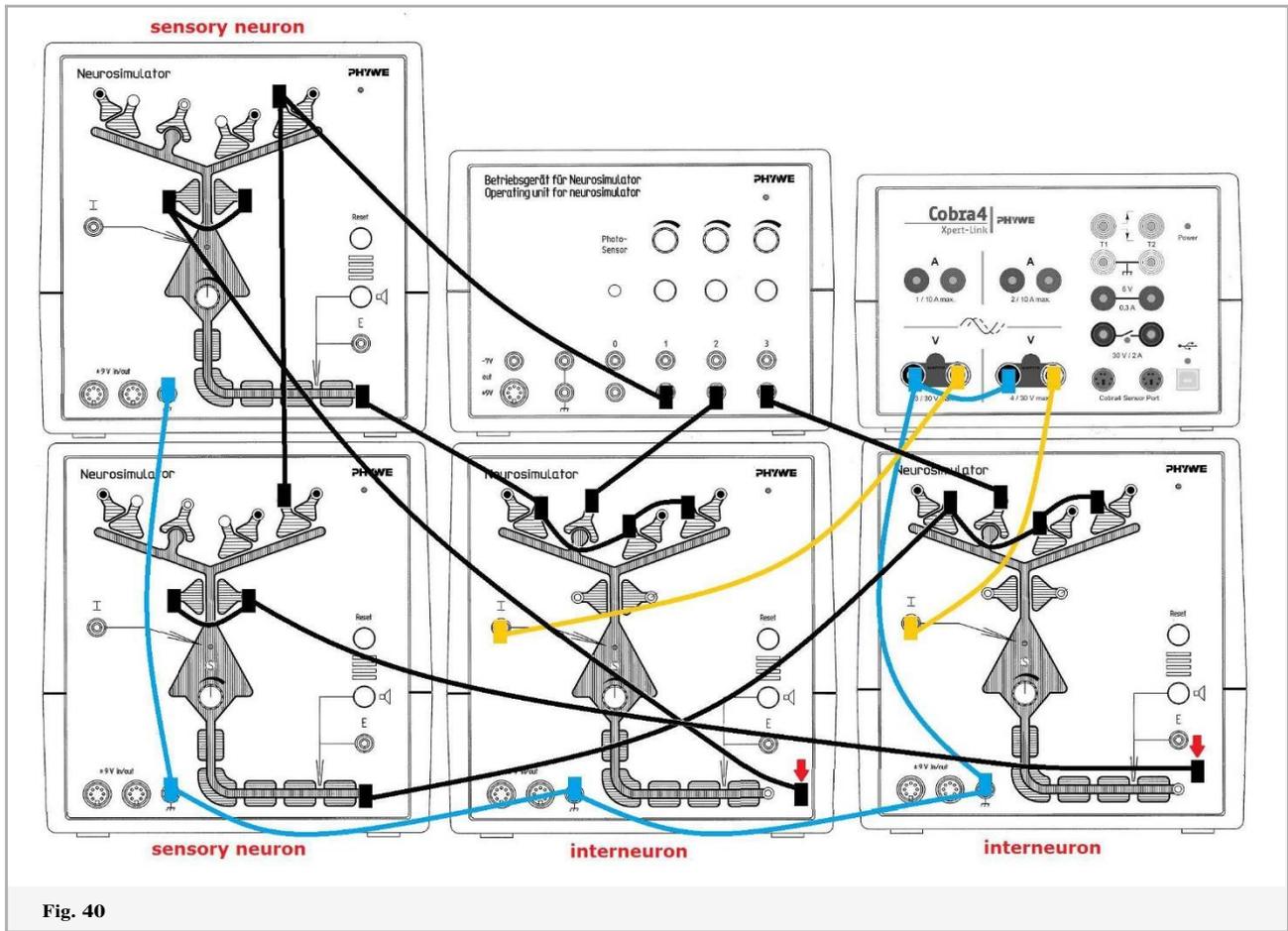
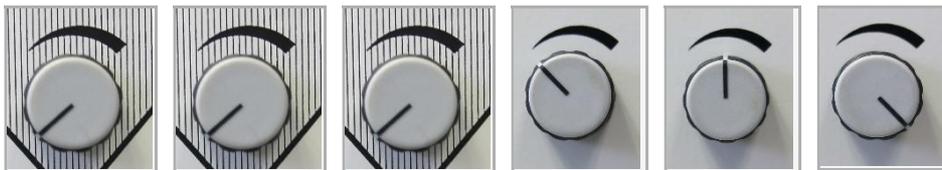


Fig. 40

- **Neuroestimulador 1, umbral del mando: 0% Neuroestimulador 2, umbral del mando: 0%**
- **Neuroestimulador 3, umbral del mando: 0% Neuroestimulador 4, umbral del mando: 0%**
- **Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 1: 33% Unidad de operación, intensidad de estimulación del mando 1: 50%**
- **Unidad de operación, intensidad de estimulación de la perilla 1: 100%.**



- **Iniciar la medición en la ventana de medición.**
- **Presione el botón de estimulación 1, espere 1-2 segundos y presione simultáneamente los botones 2 y 3.**
- **Mantenga los tres botones pulsados durante aproximadamente 40 segundos.**
- **Terminar la medición si la tensión ha alcanzado el valor inicial.**
- **Guarde y evalúe los resultados.**

Autocalibración de los canales sensoriales emparejados

Enchufar un cable suelto en el enchufe negro (flechas rojas, Fig. 41).

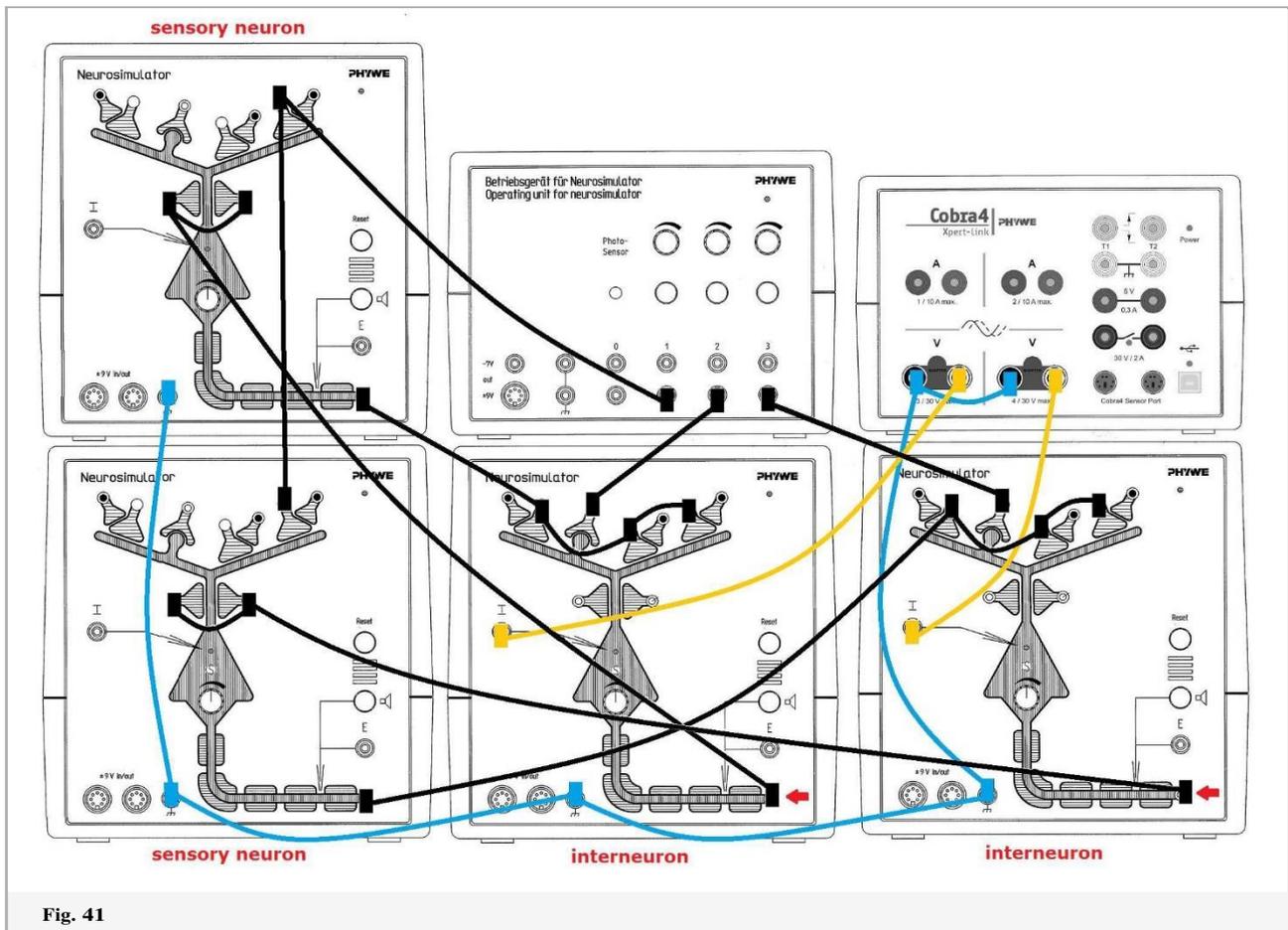


Fig. 41

- Iniciar la medición en la ventana de medición.
- Presione el botón de estimulación 1, espere 1-2 segundos y presione simultáneamente los botones 2 y 3.
- Mantenga los tres botones pulsados durante aproximadamente 40 segundos.
- Terminar la medición si la tensión ha alcanzado el valor inicial.
- Guarde y evalúe los resultados.

Resultados y evaluación

Sin autocalibración de los canales sensoriales emparejados

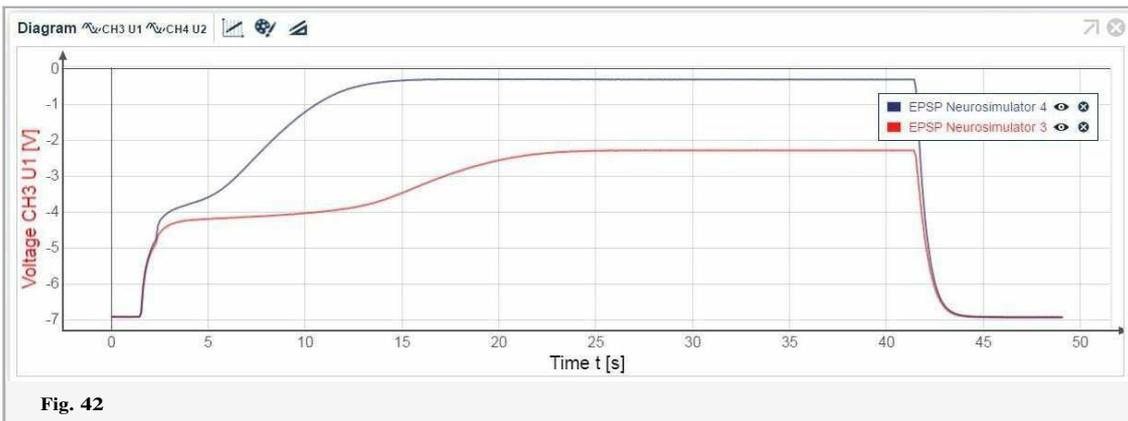


Fig. 42

Autocalibración de los canales sensoriales emparejados

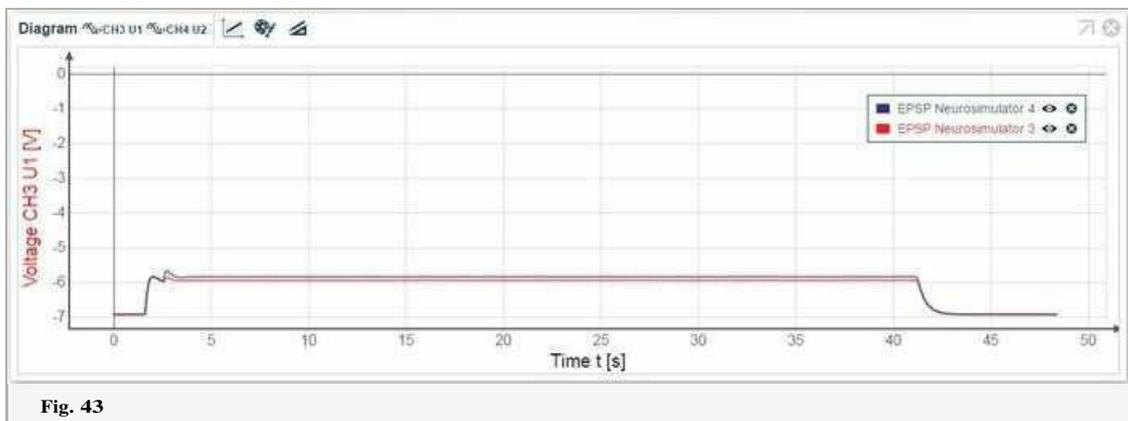


Fig. 43

Sección ampliada: inicio de la autocalibración.



Fig. 44