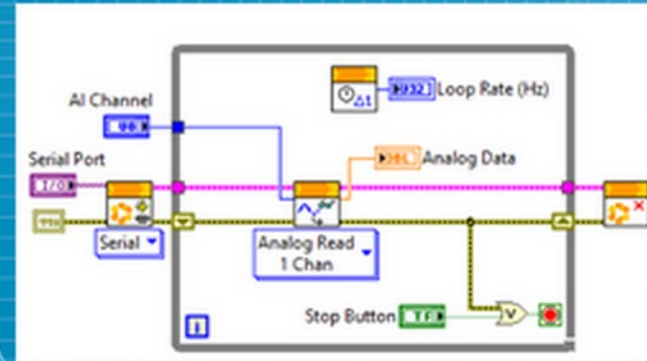
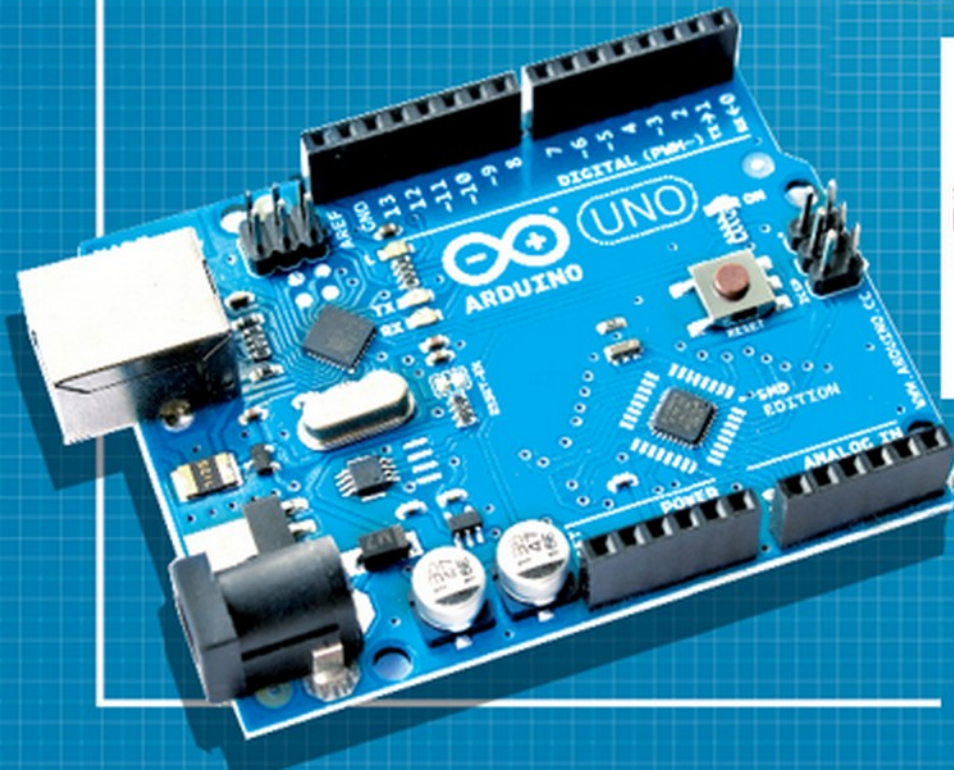


14. LabVIEW + LINX + Arduino - 4. rész

LabVIEW for Arduino



LabVIEW
MakerHub

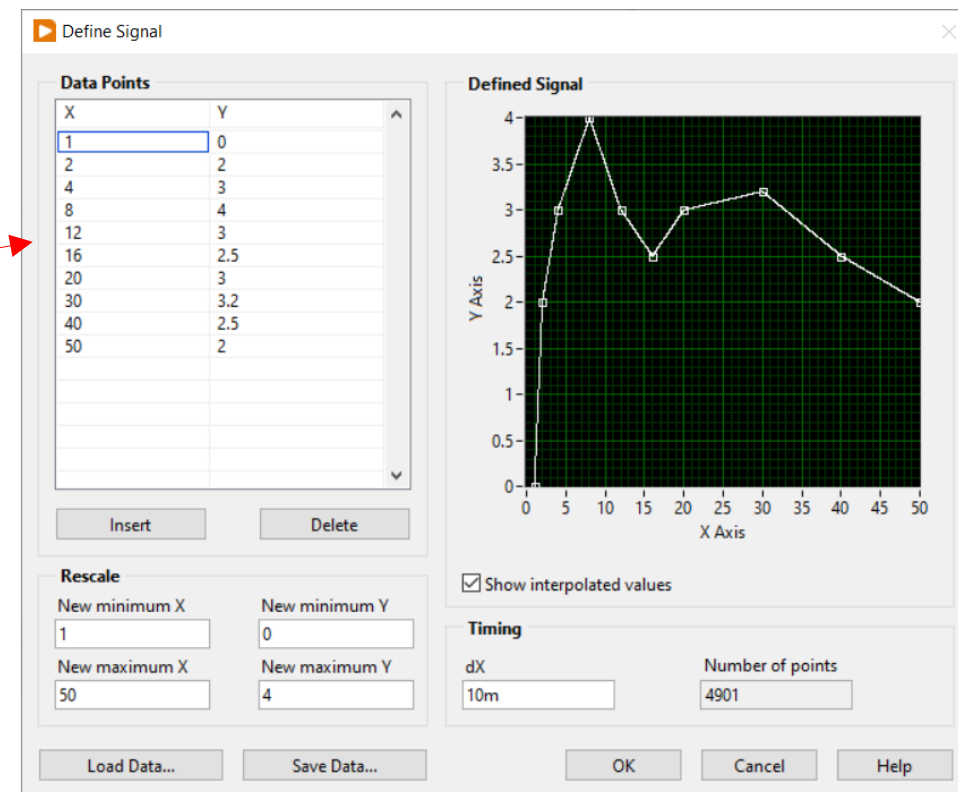
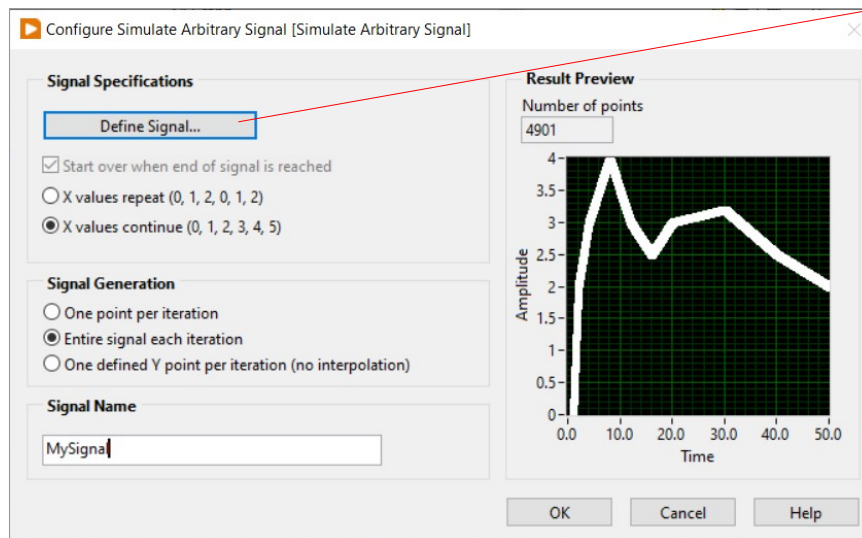
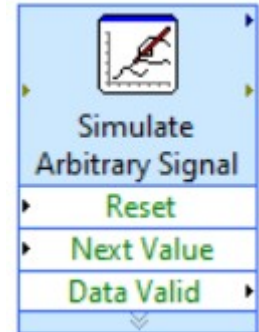


Felhasznált és ajánlott irodalom

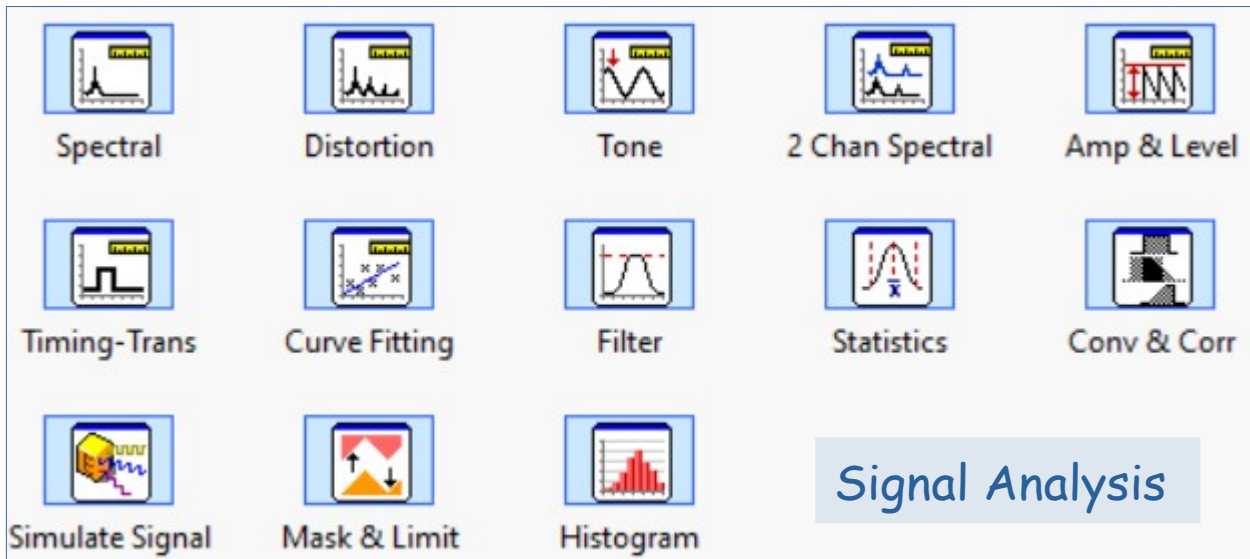
- NI: [Getting Started with Arduino and LabVIEW Community Edition](#)
- NI: [LabVIEW Documentation](#)
- NI: Optimization VIs
- NI: [Overview of Curve Fitting Models and Methods in LabVIEW](#)
- NI: [Curve Fitting Express VI](#)
- Szabó Norbert: [LabVIEW bevezető](#)
- Jáger Attila: LabVIEW alapismeretek: [1. fejezet](#), [2. fejezet](#), [3. fejezet](#), [4. fejezet](#), [5. fejezet](#), [6. fejezet](#)
- Friedl Gergely: [LabVIEW segédlet](#)
- Jeffrey Travis, Jim Kring: [LabVIEW for Everyone \(3rd Edition\)](#)

Emlékeztető: Express VI modulok

- Az **Express VI** olyan subVI, amelynek beállításait interaktívan konfigurálhatjuk egy párbeszédpanelen keresztül
- Az **Express VI**-ok kiterjeszhető modulként jelennek meg a blokkdiagramon, kék mezővel körülvett ikon formájában
- Az **Express VI**-ok fő előnye az interaktív konfigurálhatóság, könnyen használható VI-t készítünk velük
- Sajnos, futás közben nem hívható elő a dialógus ablak, s nem minden paraméter érhető el a Front panelről



Express VI paletták



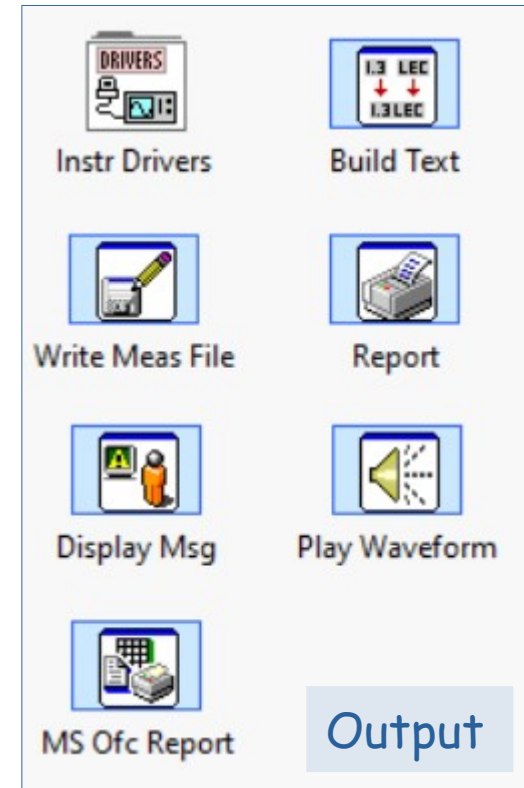
Signal Analysis

Spectral Distortion Tone 2 Chan Spectral Amp & Level

Timing-Trans Curve Fitting Filter Statistics Conv & Corr

Simulate Signal Mask & Limit Histogram

This palette contains 14 icons for signal analysis tasks, arranged in three rows. The icons include spectral analysis, distortion measurement, tone generation, multi-channel spectral analysis, amplitude and level control, timing transitions, curve fitting, filtering, statistics, convolution and correlation, signal simulation, masking and limiting, and histogramming.



Output

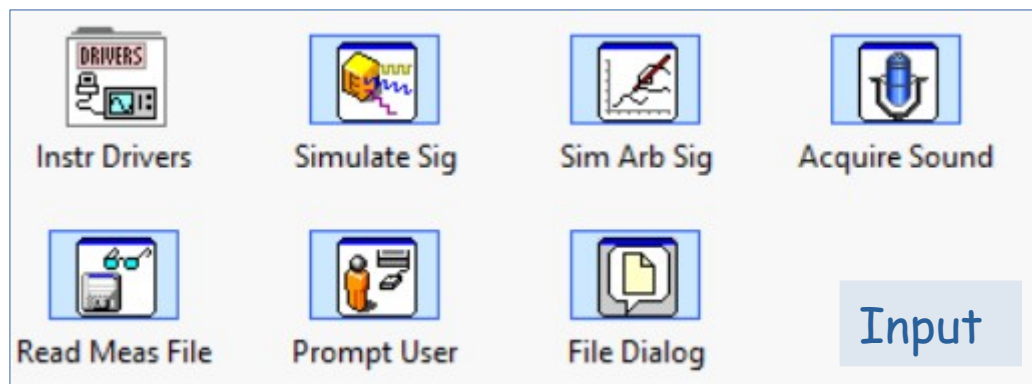
Instr Drivers Build Text

Write Meas File Report

Display Msg Play Waveform

MS Ofc Report

This palette contains 8 icons for output and reporting tasks, arranged in four rows. The icons include instrument drivers, text building, writing measurement files, generating reports, displaying messages, playing waveforms, and generating Microsoft Office reports.

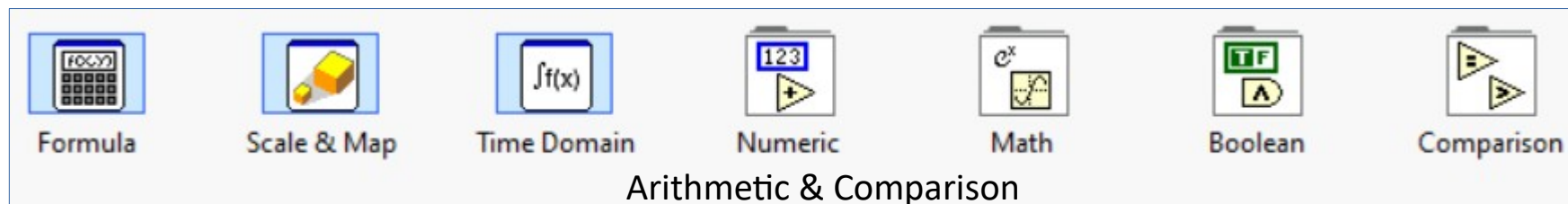


Input

Instr Drivers Simulate Sig Sim Arb Sig Acquire Sound

Read Meas File Prompt User File Dialog

This palette contains 7 icons for input and simulation tasks, arranged in two rows. The icons include instrument drivers, signal simulation, arbitrary signal simulation, sound acquisition, reading measurement files, user prompts, and file dialogs.



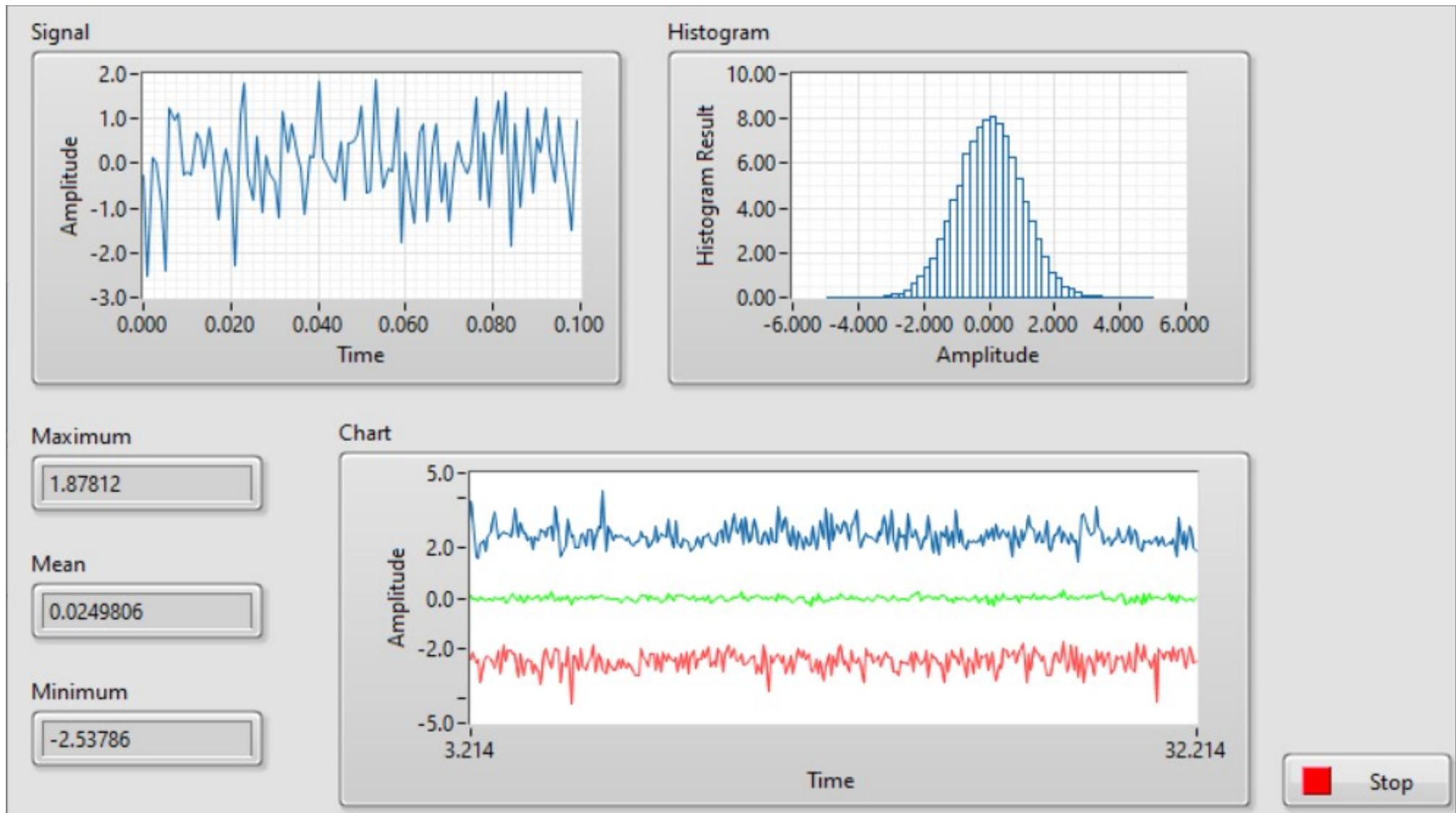
Arithmetic & Comparison

Formula Scale & Map Time Domain Numeric Math Boolean Comparison

This palette contains 7 icons for arithmetic and comparison tasks, arranged in a single row. The icons include formula entry, scaling and mapping, time domain analysis, numeric operations, mathematical functions, Boolean logic, and comparison operations.

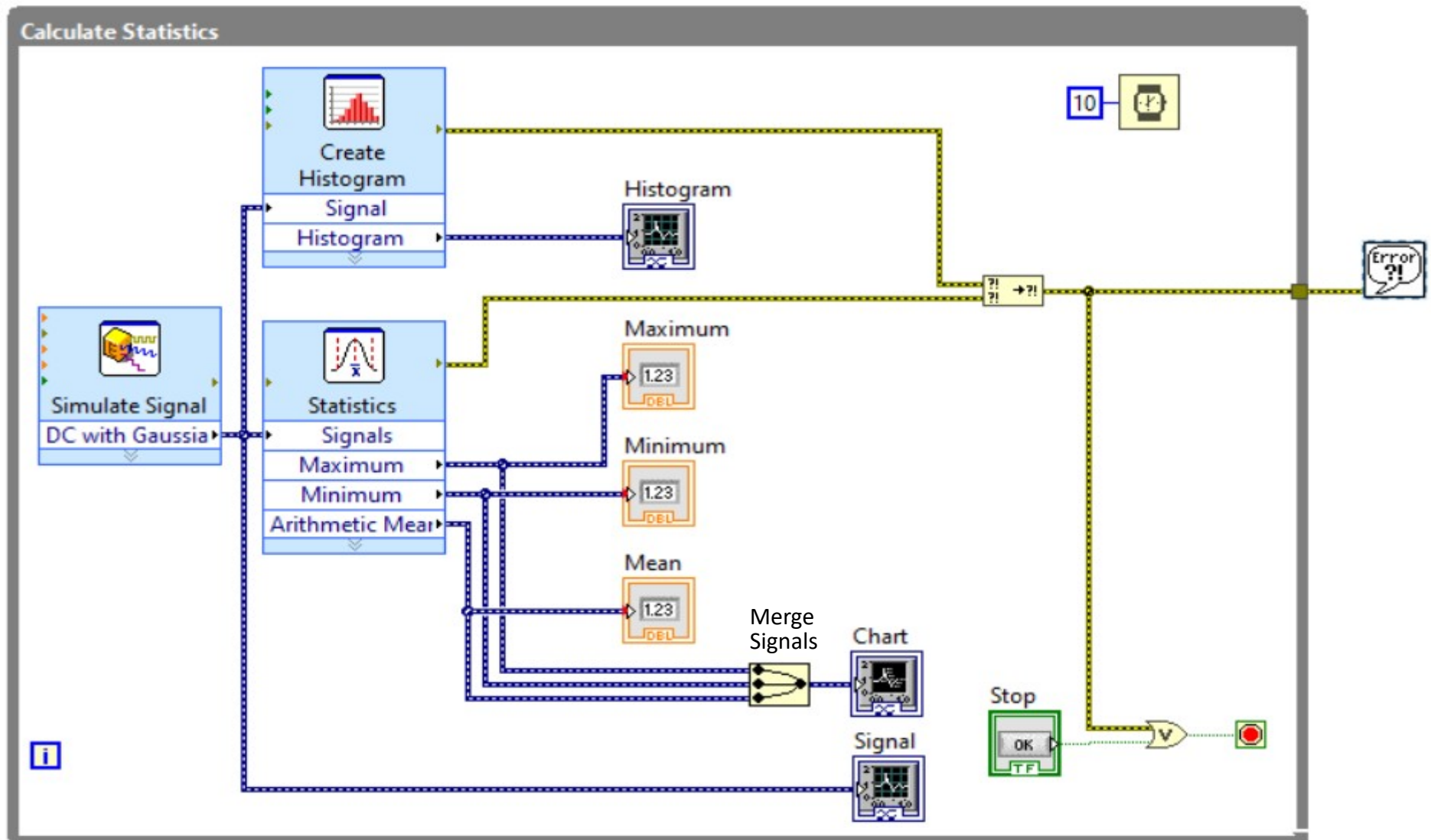
Express VI - Statistics.vi

- A LabVIEW `examples\Express Vis\` mappájában található mintapélda véletlenszám csomagokat generál, s ezek statisztikai jellemzőit jeleníti meg



Express VI - Statistics.vi

- A blokkvázlat komponensei: jelszimuláció, hisztogram és statisztika modulok, valamint hullámforma megjelenítők



Fourier transzformáció

- A periodikus függvények sorbafejthetők, ahol

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{-2\pi i \nu_0 k}$$

ν_0 – az alapprofrekvencia, ω – a körfrekvencia ($2\pi\nu_0$)

- Háromszögjel fv.: $f(t) = \frac{8h}{\pi^2} \left[\sin \omega t - \frac{1}{3^2} \sin 3\omega t + \frac{1}{5^2} \sin 5\omega t \mp \dots \right]$

- Négyszögjel fv.: $f(t) = \frac{4h}{\pi} \left[\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right]$

- Fűrészfog fv.: $f(t) = -\frac{2h}{\pi} \left[\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t \mp \dots \right]$

- Általános függvény Fourier-transzformáltja: $\hat{f}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x \xi} dx$

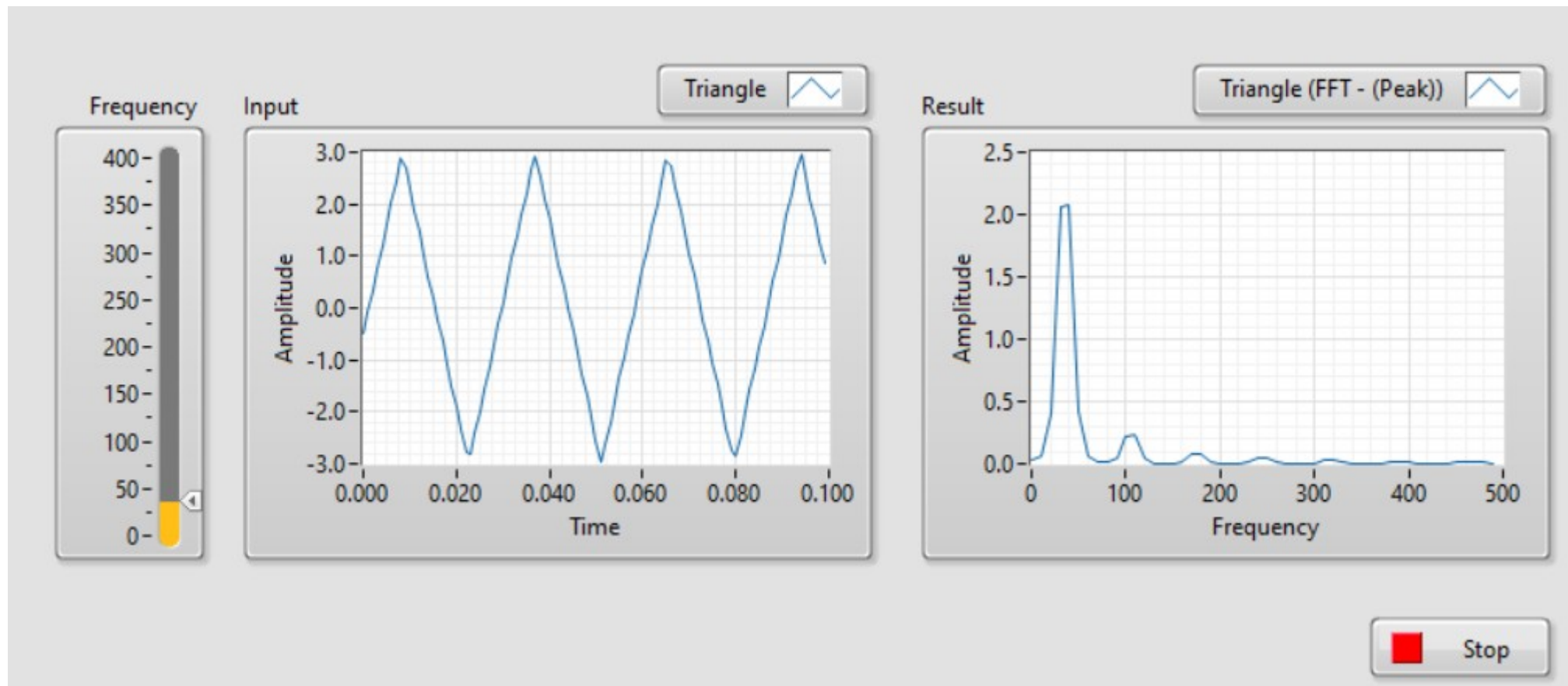
- **Diszkrét (időben) Fourier-transzformáció:** mivel véges időközönként mintavételezzük a jeleket, ezért véges számú $x[n]$ diszkrét adatunk van. A Fourier-transzformált kiszámítása az alábbi képlet alapján (általában FFT algoritmussal) történik

$$X_{2\pi}(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-i\omega n}.$$

wikipedia.org/wiki/Discrete-time_Fourier_transform

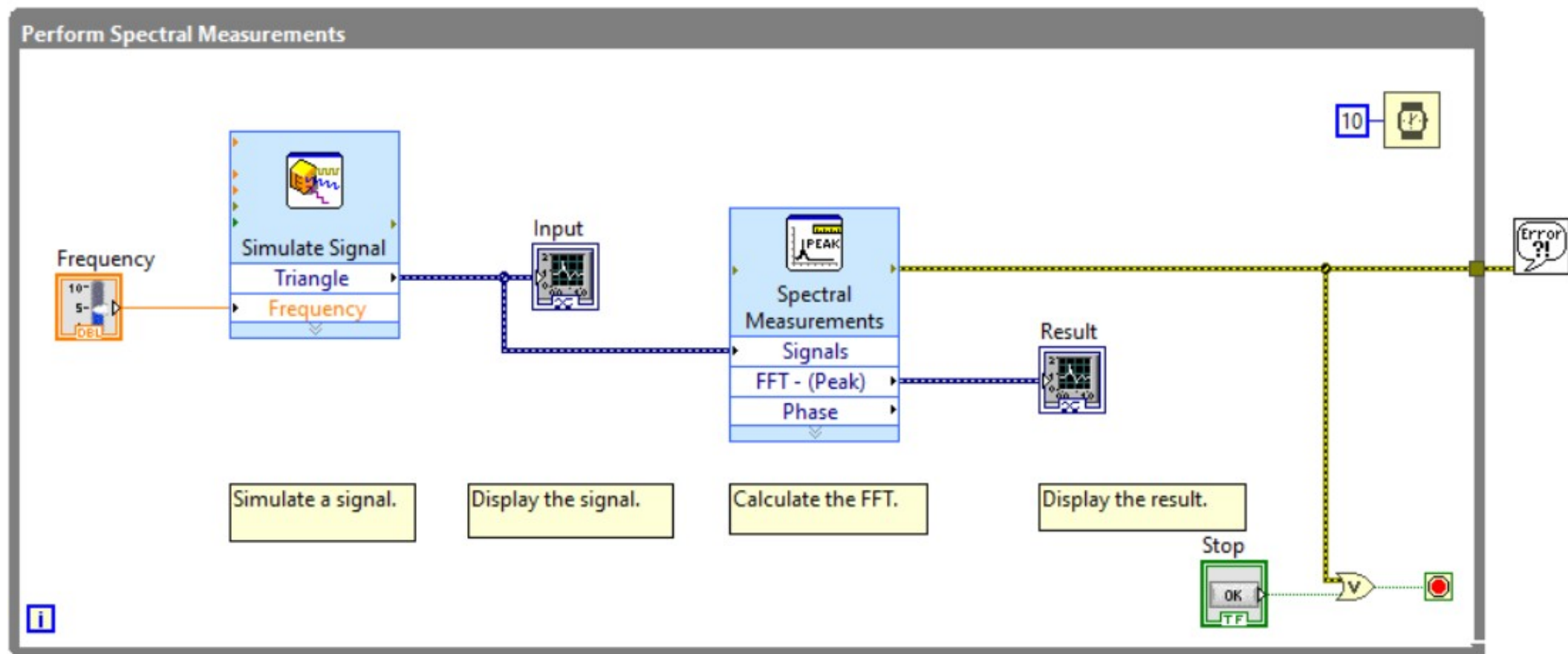
Express VI - Spectral Measurements.vi

- A LabVIEW **examples\Express Vis** mappájában található ez a mintapélda, amelyben különféle alakú és frekvenciájú jelet keltve vizsgálhatjuk a jel frekvencia-spektrumát
- Az ábrán háromszög jel spektruma látható, amely az előző oldalon leírtak szerint $f_0, 3f_0, 5f_0, 9f_0, \dots$ komponenseket tartalmaz (f_0 itt kb. $35,5 \text{ Hz}$)



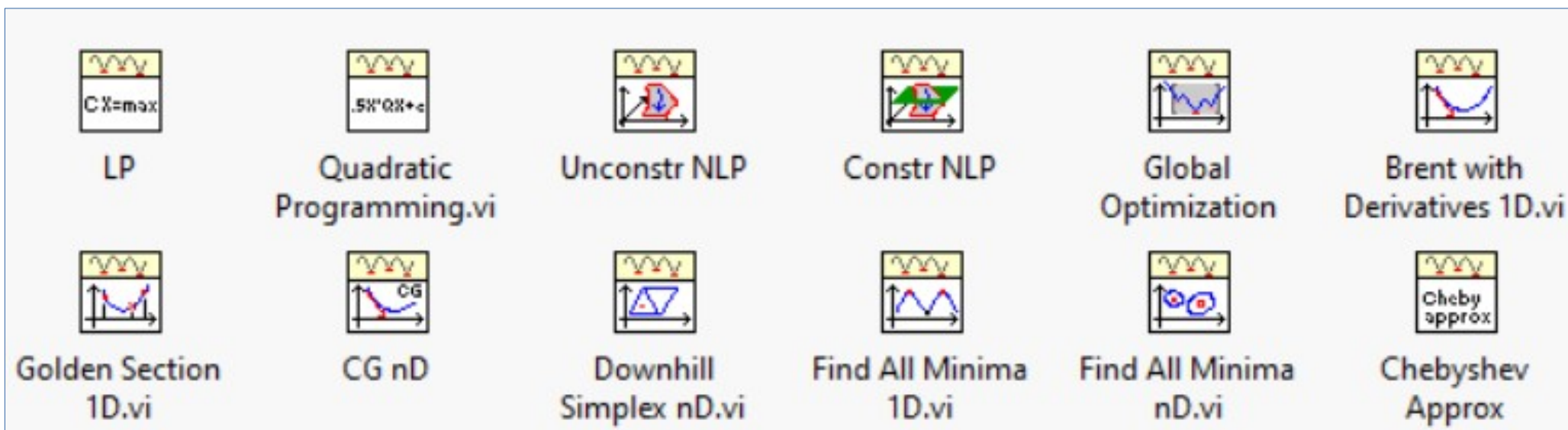
Express VI - Spectral Measurements.vi

- Az **Express VI** moduloknak köszönhetően roppant egyszerű a program felépítése
- A hullámforma és a kezdeti frekvencia a duplakattintással megnyitható párbeszédablakban állítható be



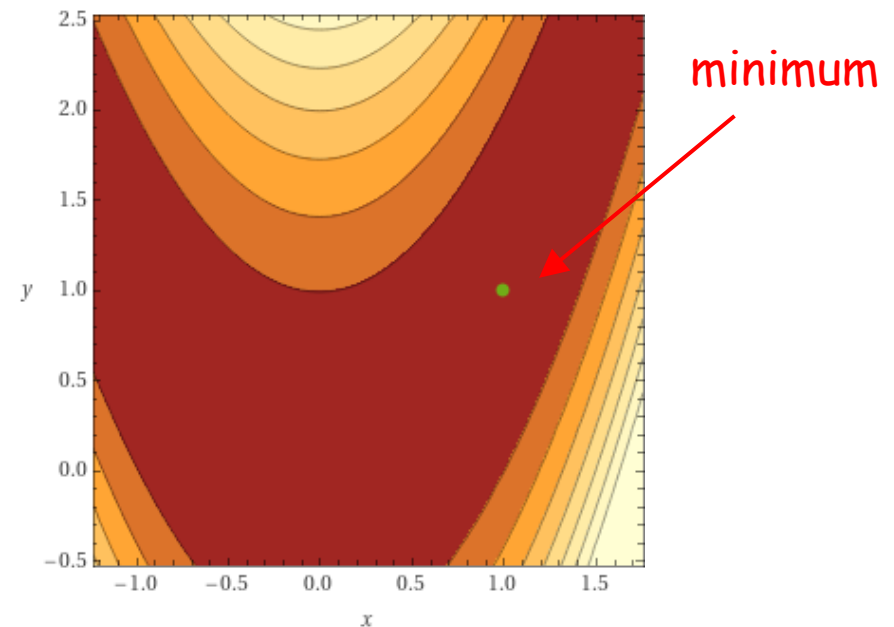
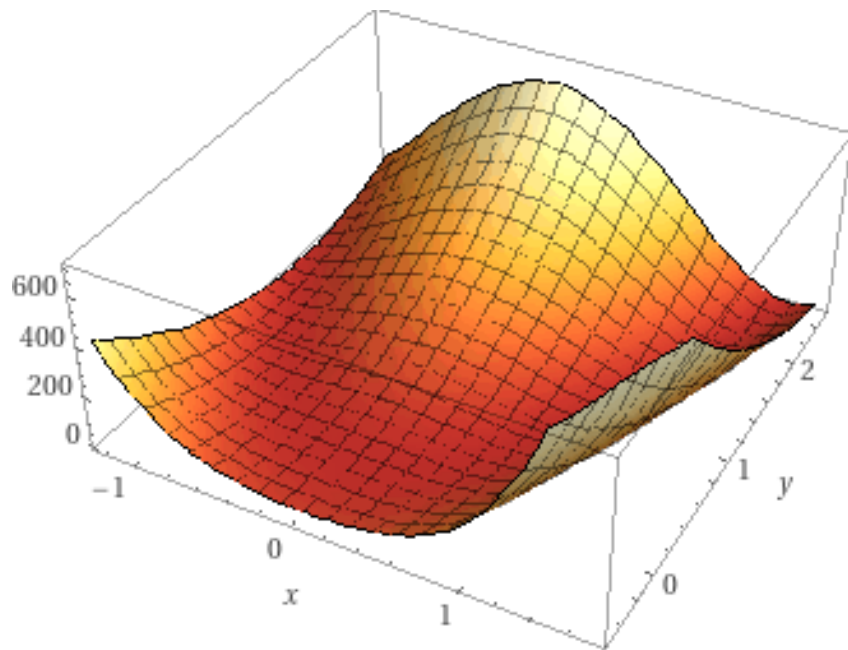
Optimalizálás – maximum/minimum keresés

- A LabVIEW Functions → Mathematics → Optimization palettán található VI-ok egy vagy többdimenziós célfüggvények lokális minimumának (vagy maximumának) megkeresésére szolgálnak
- Választhatunk a célfüggvény deriváltjain alapuló optimalizálási algoritmusok és a deriváltak nélkül működő algoritmusok között
- Használhatunk speciális módszereket is, mint például a lineáris programozás, a Levenberg-Marquardt algoritmus, vagy a Pade és a Csebisev-közelítés



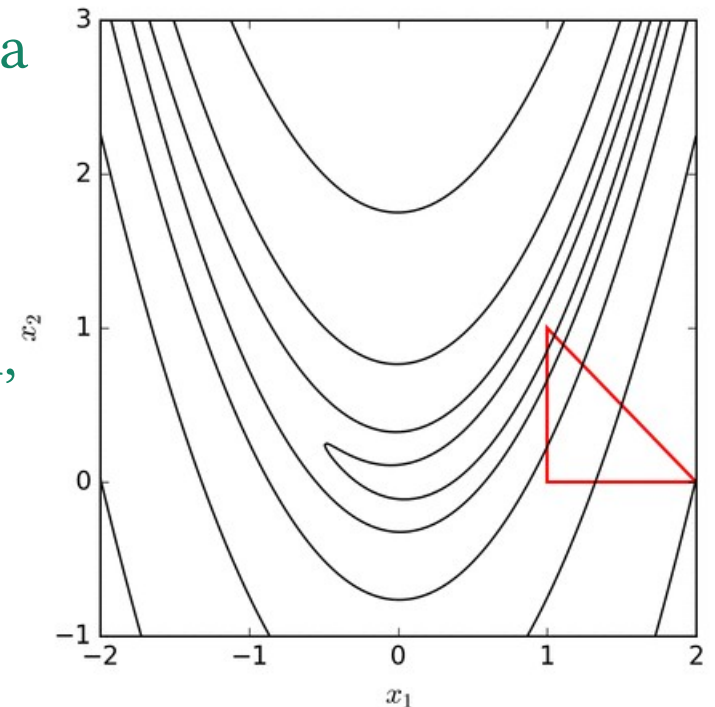
A Rosenbrock (banán) függvény

- A Rosenbrock-függvény egy nem konvex függvény, amelyet Howard H. Rosenbrock vezetett be 1960-ban, és amelyet optimalizálási algoritmusok teljesítménytesztjeként használnak
- A függvény képlete: $f(x, y) = (a - x)^2 + b \cdot (y - x^2)^2$
ahol általában $a = 1$ és $b = 100$
- A függvénynek globális minimuma van $(x, y) = (a, a^2)$ -nál



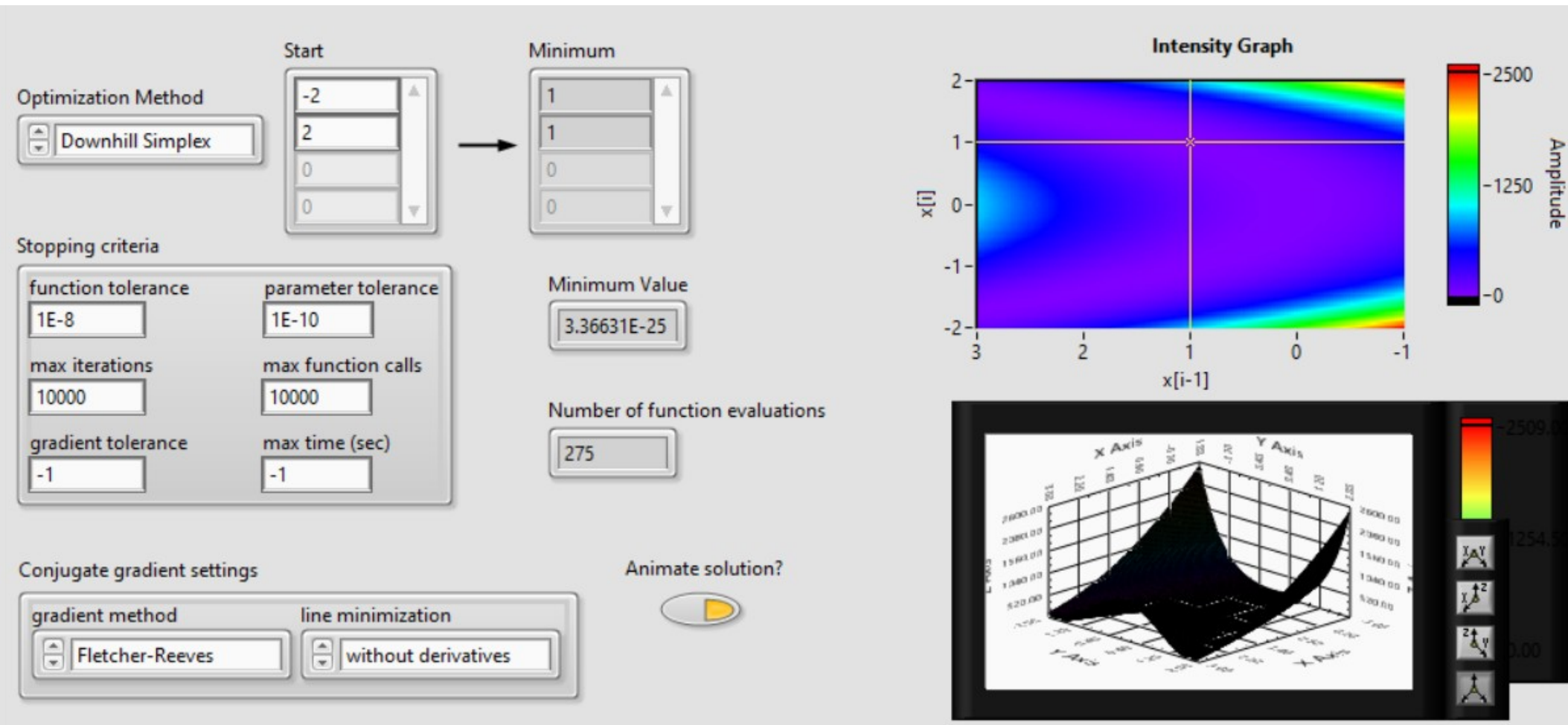
A Nelder–Mead (downhill simplex) módszer

- A **Nelder–Mead** (vagy más néven **downhill simplex**) módszerrel egy többdimenziós célfüggvény lokális szélsőértékét találhatjuk meg
- Olyan nemlineáris optimalizálási problémákra használjuk, amelyeknél a célfüggvény deriváltjai nem ismertek (vagy nehéz volna kiszámítani)
- A módszer a **szimplex** fogalmán alapul, ami n dimenziós esetben $n+1$ csúcú poliédert (soklapú testet) jelent (2D esetben csak egy háromszög)
- A kiindulási szimplex pontjait a függvényérték szerint rangsoroljuk
- A legrosszabb pontot a többi pont súlypontjára tükrözzük, s ha kedvezőbb a függvényérték, akkor ez lesz az új pont (a régit elhagyjuk)
- Próbálkozhatunk a szimplex zsugorításával, vagy sikeres tükrözés esetén a kiterjesztésével, a cél a lokális minimum megtalálása és beskatulyázása – ami meghatározza a lokális minimumhoz tartozó paraméter értékeket



Optimize Extended Rosenbrock.vi

- A LabVIEW **examples\Mathematics\Optimization** mappában található ez a mintapélda, amellyel a Rosenbrock „banán” függvény minimumát kerestethetjük meg, **Quasi-Newton, Conjugate gradient** és **Downhill Simplex** módszerekkel



Legkisebb négyzetek módszere

- A **legkisebb négyzetek módszere** a mérési adatok feldolgozásában, a jelenséget leíró modelfüggvény(ek) illesztésénél használt eljárás, melynek során az eltérések négyzetösszegét minimalizáljuk
- **MSE** (mean square error) – az átlagos hibanégyzet, melynek képlete:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum w_i \cdot (f(x_i) - y_i)^2$$

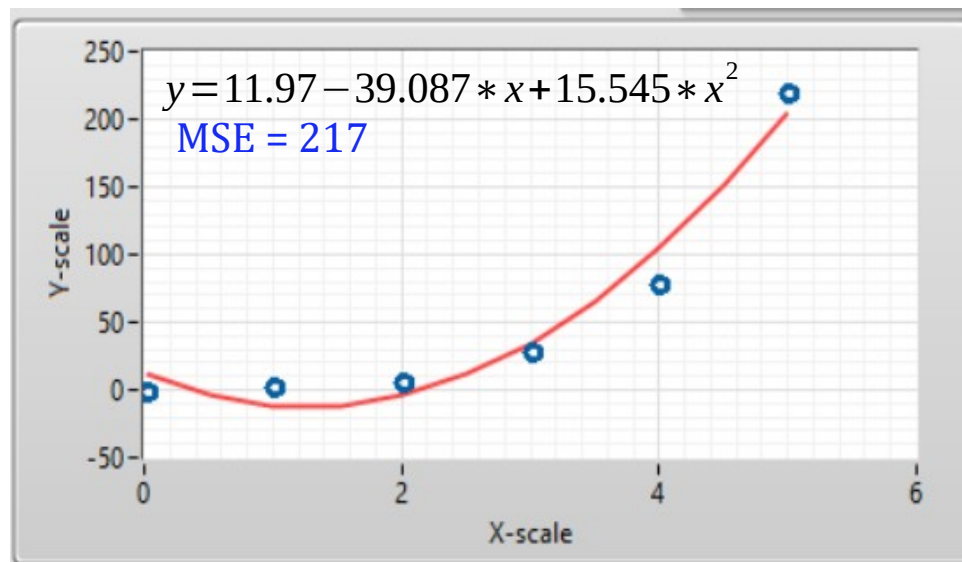
ahol:

w_i – az i -edik adatpont súlyfaktora
(alapértelmezetten = 1)

y_i – az x_i helyen mért adat

$f(x_i)$ – az x_i helyen modellezett érték

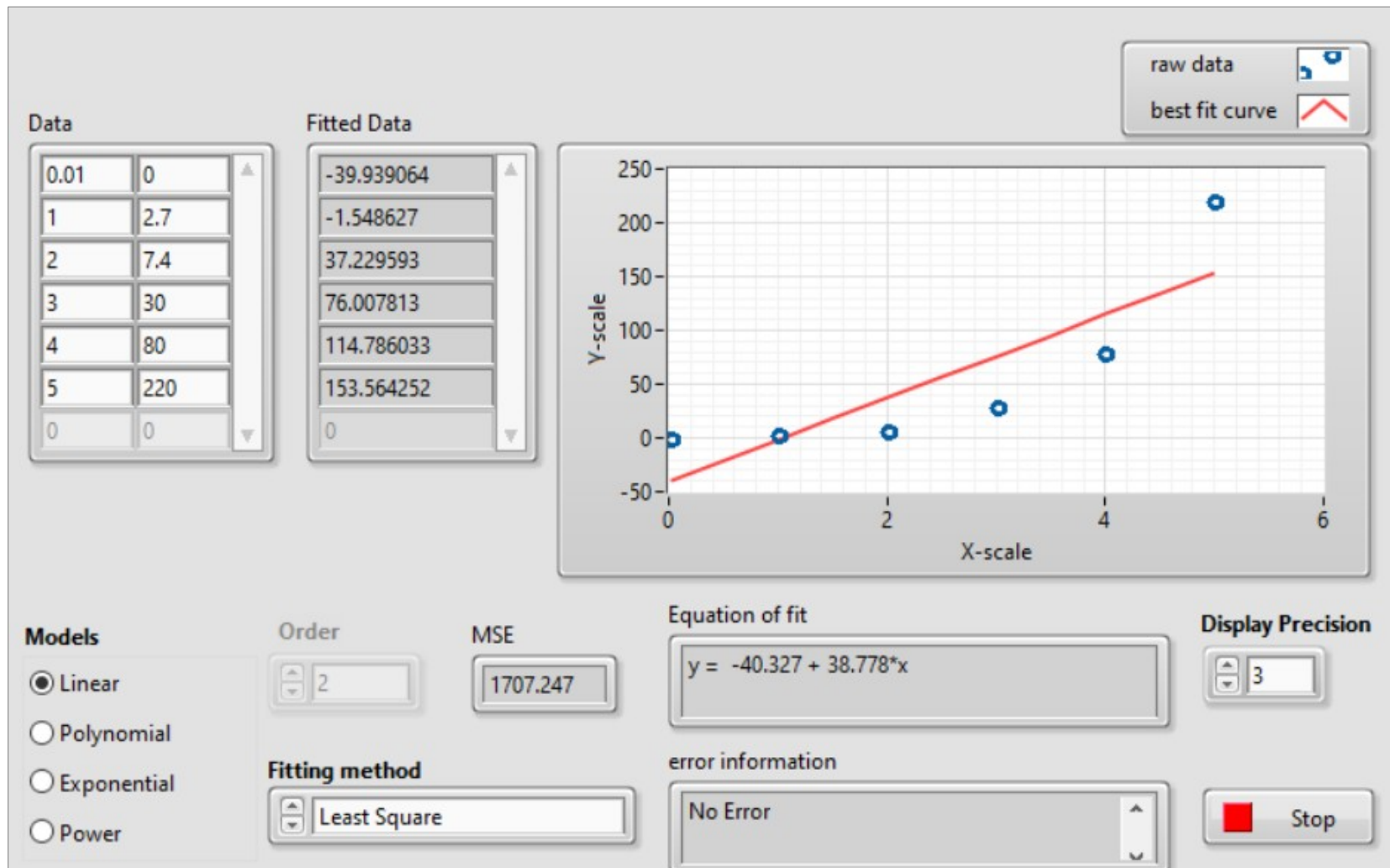
n – az adatpontok száma



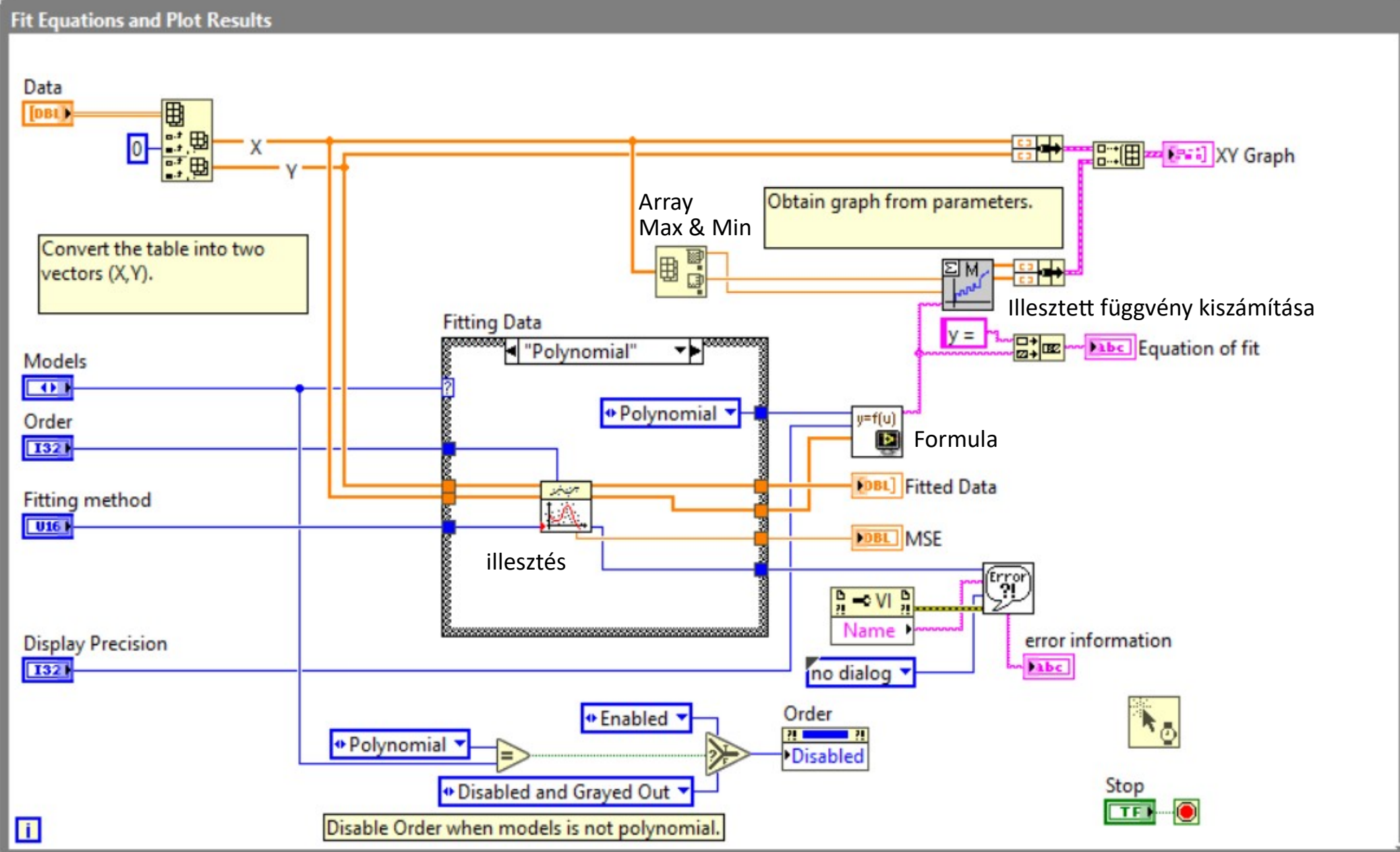
- Az **illesztés** során az $f(x, p_1, \dots, p_m)$ függvény paramétereit változtatjuk hogy **MSE** minimumát (a legkisebb átlagos hibanégyzetet) megtaláljuk
- Ha **MSE** minimális értékénél sem kapunk elfogadható egyezést a modelfüggvény és a mért adatok között → más modellt kell találni!

Regression Solver.vi

- A LabVIEW **examples\Mathematics\Fitting** nevű mappájában található ez a mintapélda, amelyben többféle modellt és illesztési módszert próbálhatunk ki a táblázatosan megadott adatok leírására

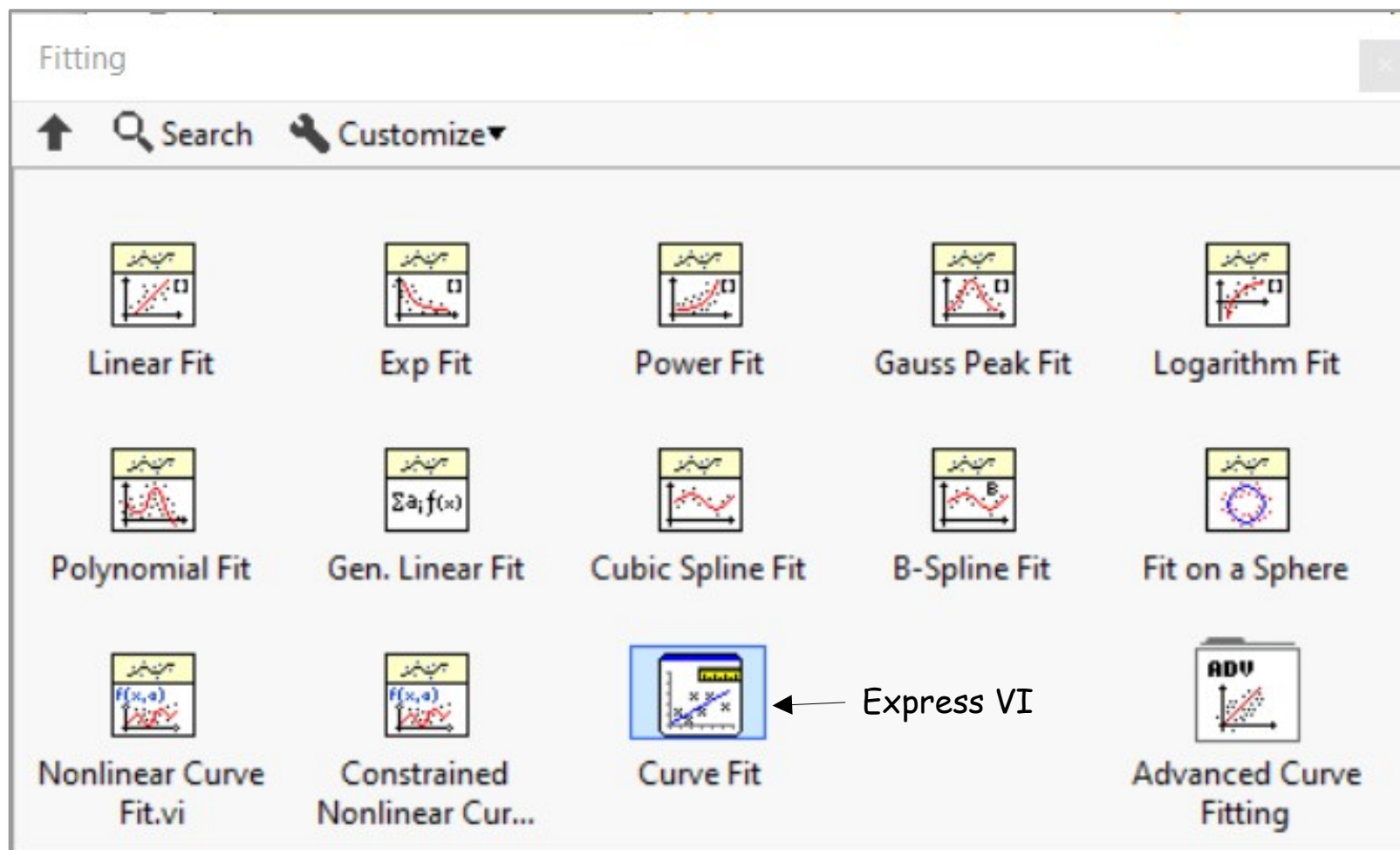


Regression Solver.vi



LabVIEW görbeillesztő modellek

- A LabVIEW Functions → Mathematics → Fitting palettán az alábbi modellek állnak rendelkezésre
- **Curve Fit: Express VI** modul, ami párbeszédablakban konfigurálható



Lineáris regresszió

- $y = ax + b$ egyenes esetén, legkisebb négyzetek módszerével:

$$S = \sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)^2 \rightarrow \min. \quad (n \text{ a pontok száma})$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum (ax_i + b - y_i) \cdot x_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum (ax_i + b - y_i) \cdot 1 = 0 \quad (2)$$

Minimum ott várható,
ahol a paraméterek
szerinti parciális
deriváltak nullát adnak

$$\rightarrow \text{ebből } a = \frac{\sum(x_i y_i) - \frac{\sum(y_i) \cdot \sum(x_i)}{n}}{\sum(x_i^2) - \frac{\sum(x_i) \cdot \sum(x_i)}{n}}$$

$$\frac{\sum(x_i)}{n} = \bar{x}, \quad \frac{\sum(y_i)}{n} = \bar{y},$$

$$\text{A meredekség } a = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

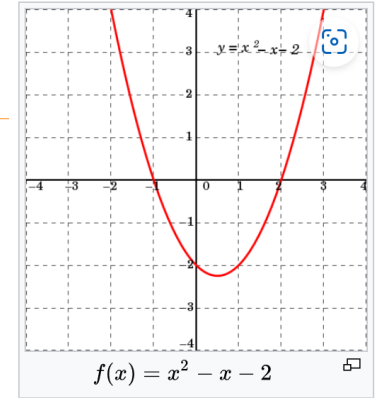
$$\frac{\sum(x_i y_i)}{n} = \overline{x \cdot y}, \quad \frac{\sum(x_i^2)}{n} = \overline{x^2}$$

$$\text{a tengelymetszet } b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} = \bar{y} - \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \cdot \bar{x}.$$

További függvények

- Másodfokú (quadratic) függvény:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2$$



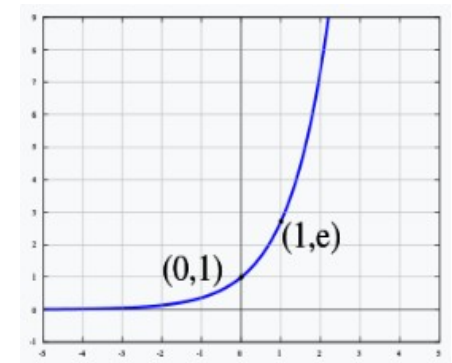
- Polinom függvény:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4 + \dots$$



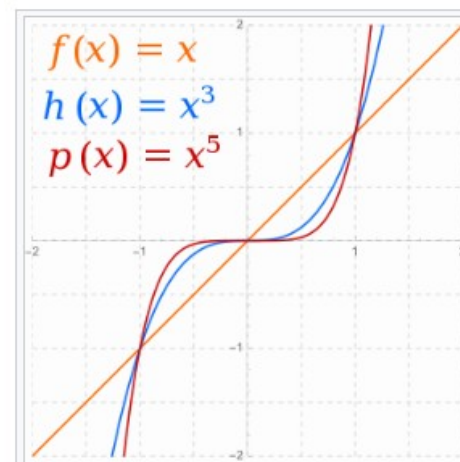
- Exponenciális függvény:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot \exp(a_2 \cdot x)$$



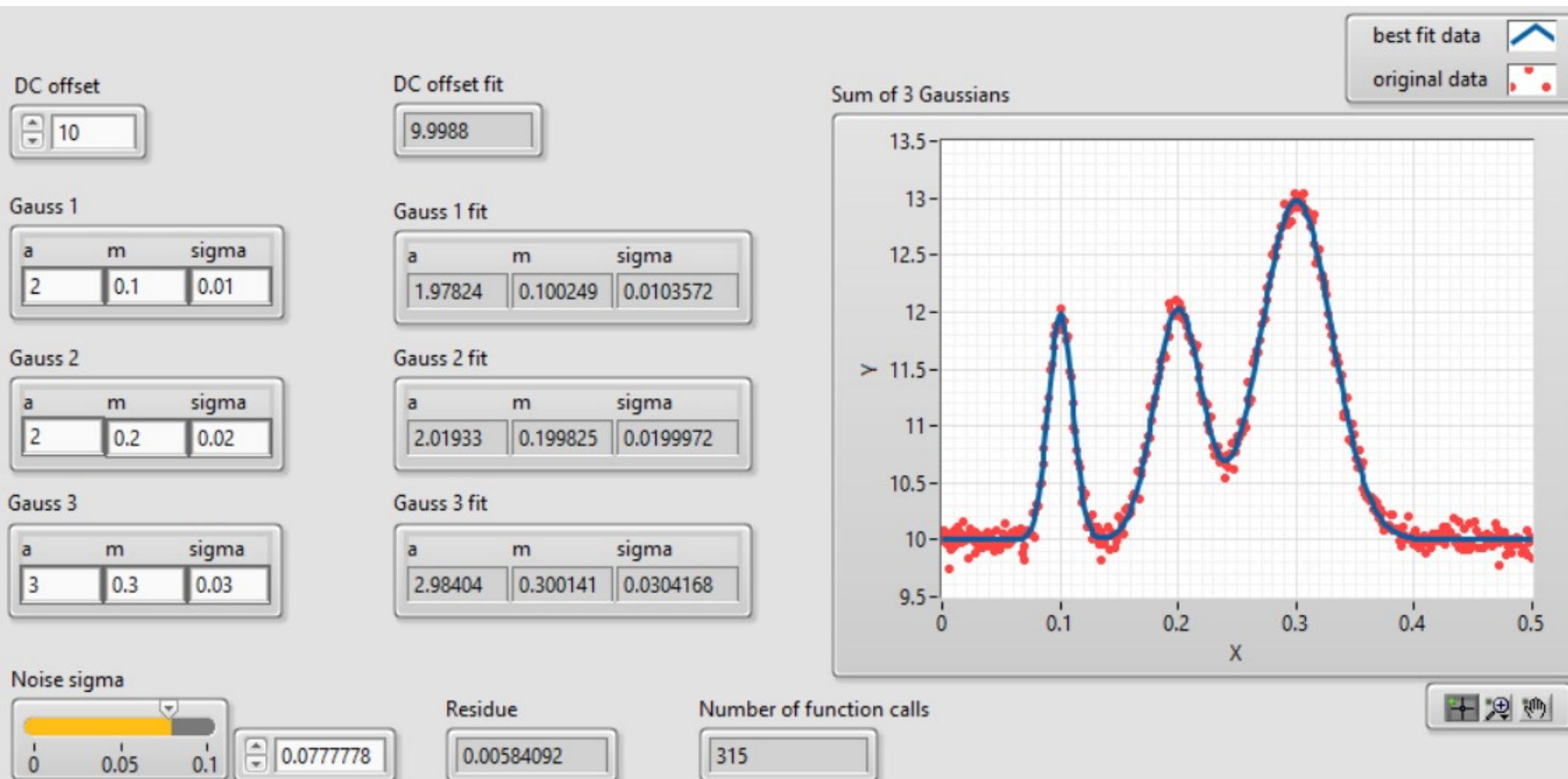
- Hatvány (power) függvény:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x^{a_2}$$



Sum of 3 Gaussians with offset fit.vi

- A LabVIEW `examples\Mathematics\Fitting\` nevű mappájában található ez a mintapélda, amelyben három **Gauss-görbéből** és egy konstans háttérből álló modellt illesztünk az adatokra



Gauss-függvény

- A Gauss-függvény a normális eloszlású x valószínűségi változó sűrűségfüggvénye:

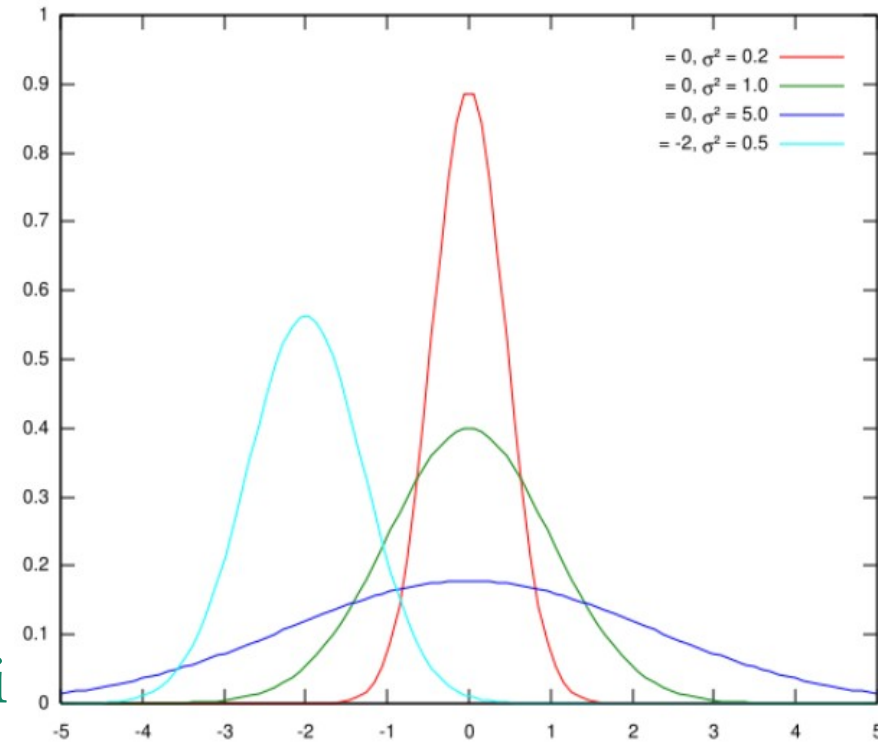
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

ahol m a csúcs helyét,
 σ pedig a csúcs szélességét szabja meg

- A spektroszkópiában a fenti, egységnyi területűre normált függvényt még egy intenzitás paraméterrel is megszorozzuk

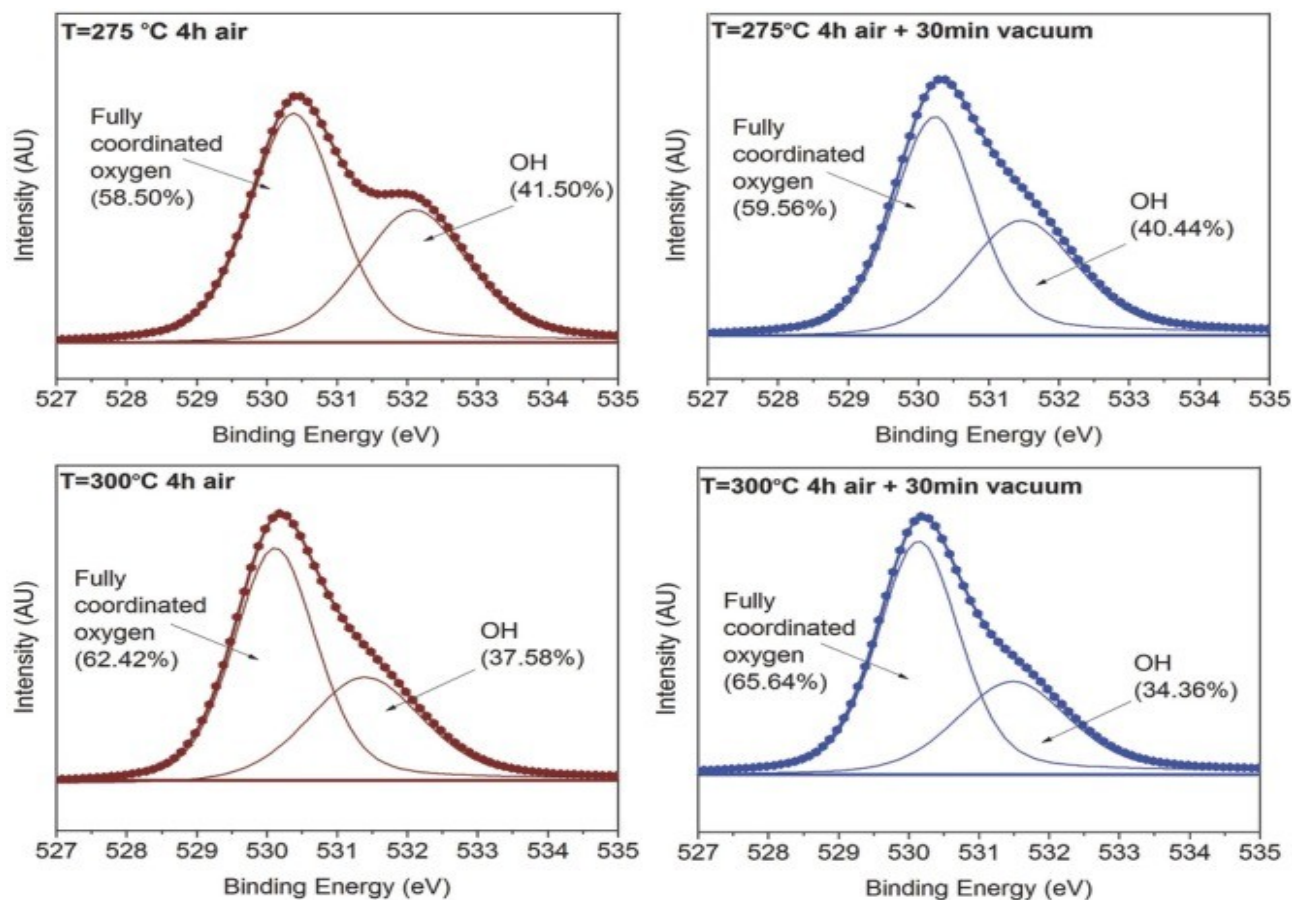
- Az előző oldalon bemutatott program modell függvénye:

$$y = a_1 \cdot e^{-\frac{(x-m_1)^2}{\sigma_1^2}} + a_2 \cdot e^{-\frac{(x-m_2)^2}{\sigma_2^2}} + a_3 \cdot e^{-\frac{(x-m_3)^2}{\sigma_3^2}} + \text{offset}$$



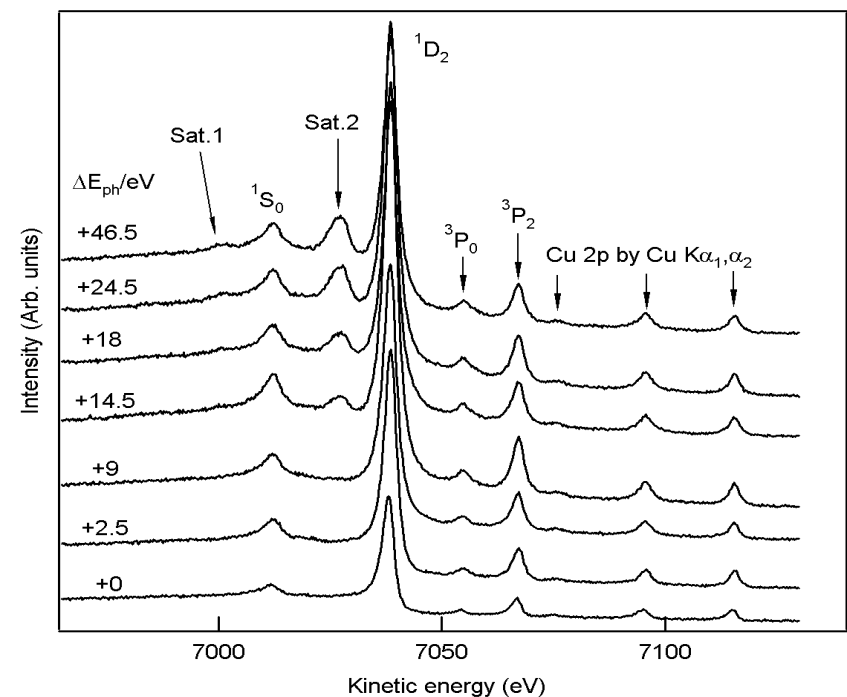
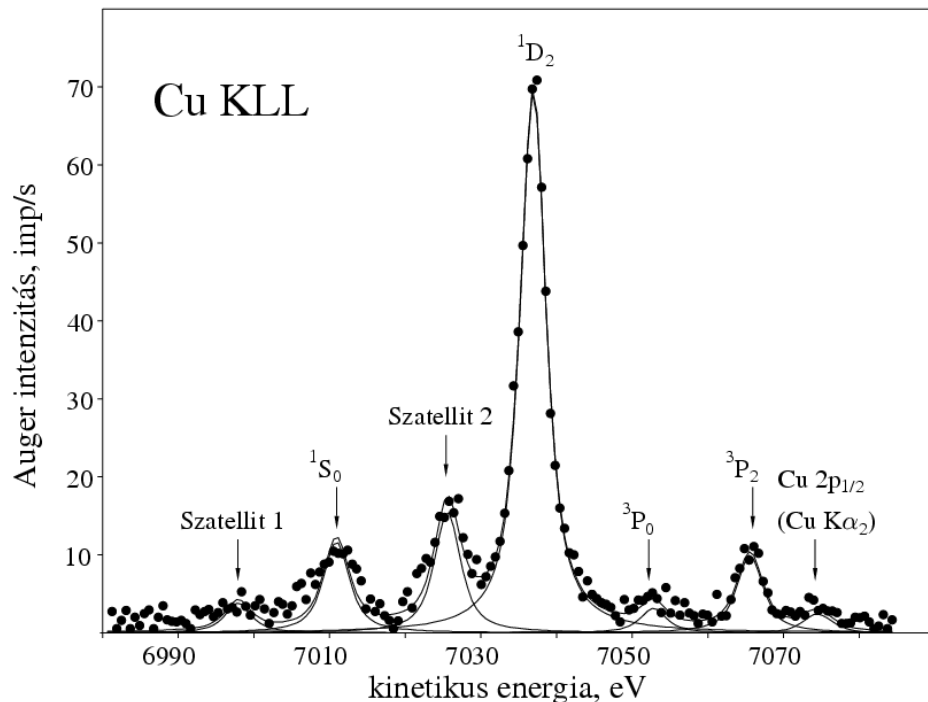
Görbeillesztés az elektronspektroszkópiában

- A röntgen-fotoelektron spektroszkópia (XPS) spektrumaiban a kémiai állapotok közötti különbség a csúcs helyzet eltolódásában tükröződik
- Az ábrán különböző körülmények között kezelt $\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 6:4$ minták O 1s spektruma látható (forrás: [Adv Funct Mater. 2015 Mar 25; 25\(12\): 1873–1885.](#))
- Az ábrákon látható spektrumok értékelése az előző oldalon bemutatott módszerrel elvégezhető
- Más esetekben azonban a spektrum lehet összetettebb, többféle komponensekkel



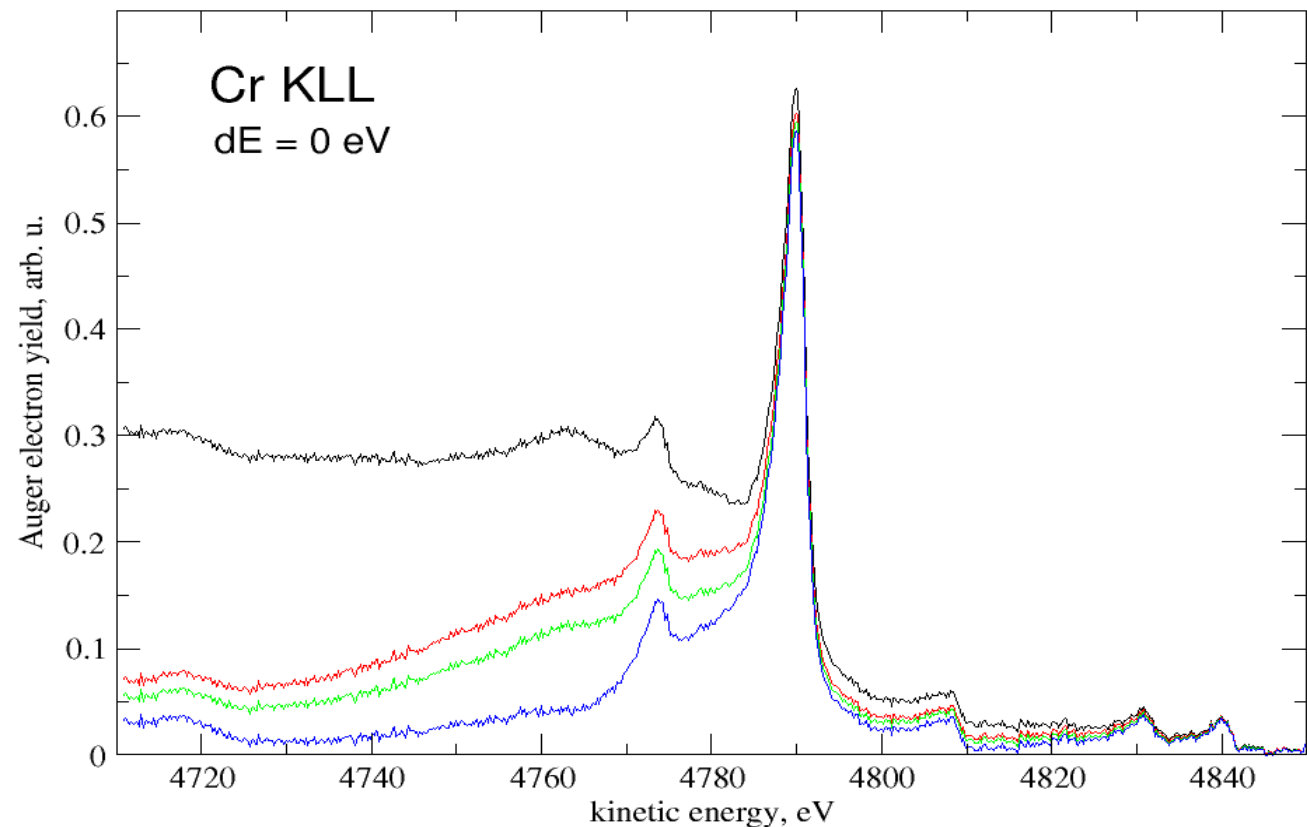
Bonyodalmak a spektroszkópiában

- A spektrométer véges felbontása (általában Gauss görbével közelítjük)
- Az atomi nívók véges élettartamából eredő „természetes” vonalszélesség (Lorentz eloszlás: $f(x; x_0, \gamma) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\gamma}{(x - x_0)^2 + \gamma^2}$)
- Ha fenti tényezők összemérhető nagyságúak, akkor az eredő vonalak a Gauss és Lorentz függvények **konvolúciója** lesz (Voigt függvény)
- Kísérő folyamatok (pl. *shake up*) **kísérő csúcsokat** eredményezhetnek



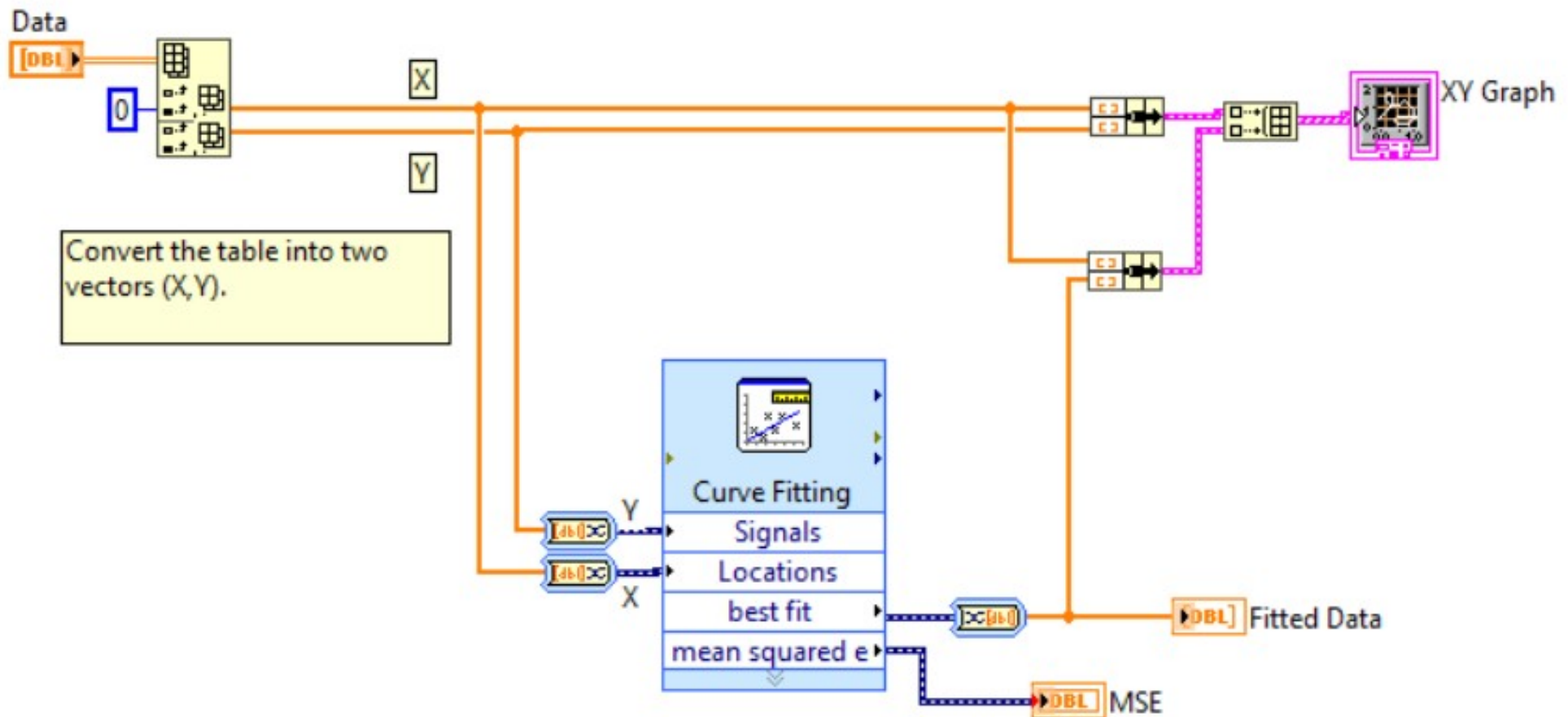
Bonyodalmak a spektroszkópiában

- Szilárdtest mintákban az elektron, mire kilép a mintából, energiát veszíthet rugalmatlan szóródás révén
- Fémeknél a kirepülő elektron, mint töltött részecske kölcsönhat a vezetési elektronokkal (felületi és térfogati kollektív gerjesztés)
- A fenti járulékok figyelembevétele és eltávolítása előzetes fizikai ismereteket és bonyolult elméleti fizikai modellszámításokat igényel
- A modellek azonban mindig közelítések, s az ebből adódó hibák nehezen becsülhetők




Express VI - Curve Fitting.vi

- Készítettünk egy egyszerű görbeillesztő programot az **Express VI Curve Fitting** modul segítségével (kényelmi okokból mi a **Regression Solver.vi** programot szabtuk át)



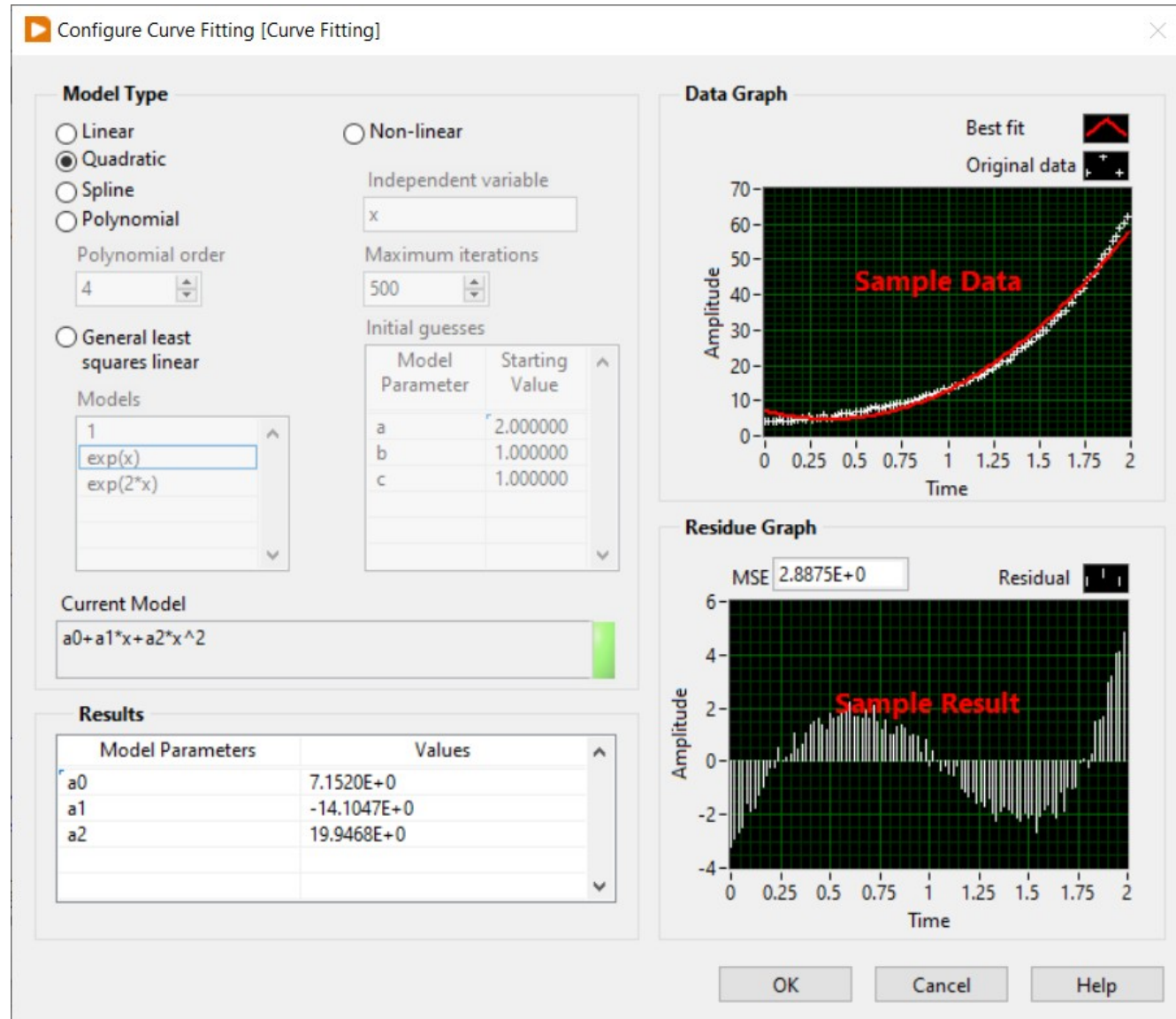
Curve Fitting konfigurálása

- Hatféle modell választható, s a **Polynomial** modelnél beállítható a polinom fokszáma



Curve Fitting

- ▶ error in (no error)
- ▶ Locations
- ▶ Signals
- ▶ best fit
- ▶ error out
- ▶ mean squared error
- ▶ residual



Configure Curve Fitting [Curve Fitting]

Model Type

Linear **Quadratic** Spline Polynomial

Polynomial order: 4

General least squares linear

Models: 1, exp(x), exp(2*x)

Current Model: $a_0 + a_1x + a_2x^2$

Non-linear

Independent variable: x

Maximum iterations: 500

Initial guesses:

Model Parameter	Starting Value
a	2.000000
b	1.000000
c	1.000000

Results

Model Parameters	Values
a0	7.1520E+0
a1	-14.1047E+0
a2	19.9468E+0

Data Graph

Best fit (red line), Original data (black dots)

Sample Data

Amplitude vs Time

Residue Graph

MSE: 2.8875E+0

Residual (black dots)

Sample Result

Amplitude vs Time

Buttons: OK, Cancel, Help

Express VI - Curve Fitting.vi

- Az ábrán a [2023. január 19-i](#) előadás vázlatának 19. oldalán bemutatott adatokra illesztettünk egy negyedfokú polinomot

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4$$

- Az eredmény: $a_0 = 4.718$; $a_1 = 2.93$; $a_2 = -0.757$; $a_3 = 0.0585$; $a_4 = -0.001475$;

