

# MEMS-y z oferty STMicroelectronics

## Wszystko z jednej ręki



*Firma STMicroelectronics przyzwyczała nas do konsekwentnego poszerzania swojej oferty – co ważne dla praktyków – produkcyjnej (a nie wyłącznie marketingowej, jak robi to ostatnio wiele firm na rynku). Jednym z zauważalnych „koników” ST są układy wykonane w technologii MEMS, przy czym zwiększa się nie tylko liczba oferowanych typów, ale także liczba funkcji realizowanych przez czujniki tego typu. Oferta produkcyjna STMicroelectronics mikrokontrolerami stoi, jednak producent dba także o to, żeby zapewnić im elementy umożliwiające „czucie” otoczenia: są to różnego rodzaju czujniki. W artykule skupimy się na czujnikach wykonywanych w technologii MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems), pozostawiając na inną okazję inne czujniki oferowane przez ST.*

### MEMS: żyroskopy, czujniki przyspieszenia, mikrofony, czujniki ciśnienia, a nawet cyfrowe kompasy...

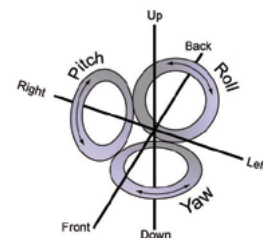
Oferta produkcyjna czujników wykonanych w technologii MEMS, produkowanych przez STMicroelectronics, ulega konsekwentnie szybkiemu poszerzaniu: obok rosnącej liczby typów klasycznych, wieloosiowych akcelerometrów i żyroskopów, zintegrowanych czujników geo-

magnetycznych (elektronicznych kompasów), trafiły do niej także: MEMS-owe mikrofony do aplikacji audio oraz czujnik ciśnienia.

Zestawienie podstawowych cech i parametrów akcelerometrów produkowanych przez firmę STMicroelectronics znajduje się w tabeli 1. W tabeli 2 zestawiono najważniejsze cechy i parametry żyroskopów. Obydwa rodzaje układów są dostępne w wersjach dwu- lub trzyosiowych.

**Dodatkowe informacje...**  
...dostępne pod adresami:  
[www.st.com/iNEMO](http://www.st.com/iNEMO)  
[www.st.com/IMEMS](http://www.st.com/IMEMS)

**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**  
<ftp://ep.com.pl>, user: 15031, pass: 40nep417



Rysunek 1. Graficzna prezentacja ruchów *pitch*, *roll* i *yaw* wykrywanych przez żyroskopy

Dla aplikacji wymagających jednoczesnego pomiaru przyspieszenia (w trzech osiach) i prędkości obrotowej (w dwóch lub trzech kierunkach) opracowano układy LSM320DL (zastąpił wersję LSM320HAY30) i LSM330DLx, które wyposażono w cyfrowe interfejsy komunikacyjne, a ich zakresy pomiarowe dochodzą do  $\pm 16$  g (czujniki przy-

Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech i parametrów akcelerometrów produkowanych przez firmę STMicroelectronics

Typ	Obudowa	Osie czułości	Zakres [g]	Wyjście	Napięcie zasilania [V]	Pobór prądu [Ma]	Pasma [Hz]
AIS326DQ	QFPN 28 7×7×1.9	X, Y, Z	±2;±6	Cyfrowe	3,3	0,67	640
AIS328DQ	QFN 24 4×4×1.8	X, Y, Z	±2;±4;±8	Cyfrowe	3,3	–	–
FC30	LGA 14 3×5×0.9	–	–	Cyfrowe	2,16	0,3	–
LIS2DH	LGA 14 2×2×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8;±16	Cyfrowe	2,5	0,011	2500
LIS2DM	LGA 14 2×2×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8;±16	Cyfrowe	2,5	0,006	2500
LIS302DL	LGA 14 3×5×0.9	X, Y, Z	±2;±8	Cyfrowe	2,5	0,3	200
LIS331DL	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±8	Cyfrowe	2,5	0,3	200
LIS331DLH	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8	Cyfrowe	2,5	0,25	500
LIS331DLM	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8	Cyfrowe	2,5	0,25	200
LIS331HH	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±6;±12;±24	Cyfrowe	2,5	0,25	500
LIS332AR	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2	Analogowe	3	0,3	2000
LIS332AX	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2	Analogowe	3	0,3	2000
LIS33DE	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8	Cyfrowe	2,5	0,3	200
LIS344ALH	LLGA 16 4×4×1.5	X, Y, Z	±2;±6	Analogowe	3,3	0,68	1.8
LIS352AR	LGA 14 3×5×0.9	X, Y, Z	±2	Analogowe	3,3	0,3	2000
LIS352AX	LGA 14 3×5×0.9	X, Y, Z	±2	Analogowe	3,3	0,3	2000
LIS35DE	LGA 14 3×5×0.9	X, Y, Z	±2;±8	Cyfrowe	2,5	0,3	200
LIS3DH	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±8;±16	Cyfrowe	2,5	0,011	2500
LIS3DSH	LLGA 16 3×3×1.0	X, Y, Z	±2;±4;±6;±8;±16	Cyfrowe	2,5	0,25	–
LIS3LV02DL	LGA 16 4.4×7.5×1.0	X, Y, Z	±2;±6	Cyfrowe	3,3	0,65	640

spieszenia) oraz ±2000 dps (*degrees per second*). Zdigitalizowane wartości przyspieszeń można odczytać w postaci 16-bitowych ramek poprzez interfejs I<sup>2</sup>C lub SPI, a prędkość obrotowa (ruchy *pitch* oraz *yaw* – rysunek 1) jest konwertowana do postaci napięcia (w LSM320DL) lub odczytywana przez interfejs szeregowy po konwersji do postaci cyfrowej.

Nowością w ofercie firmy STMicroelectronics są miniaturowe mikrofony wykonane w technologii MEMS, dostępne w trzech wersjach różniących się nieco parametrami elektrycznymi i akustycznymi, wszystkie wyposażone w wewnętrzny przetwornik A/C konwertujący sygnał audio do postaci cyfrowego strumienia danych PDM (*Pulse Density Modulation*), przesyłanego przez szeregowy interfejs synchroniczny. Na fotografii 2 pokazano wygląd pierwszego dostępnego w sprzedaży mikrofonu z oferty STMicroelectronics – MP45DT01, w którym wejście fali akustycznej znajduje się od góry obudowy. Jego pasmo przenoszenia wynosi od 100 Hz do 10 kHz, czułość –26 dB,



Tab. 2. Zestawienie podstawowych cech i parametrów żyroskopów produkowanych przez firmę STMicroelectronics

Typ	Obudowa	Osie czułości	Prędkość kątowna (FS) [°/s]	Wyjście	Napięcie zasilania [V]	Pobór prądu [mA]	Pasma [Hz]	Czułość kątowna [m°/s/d]
L3G3200D	TFLGA 3×3.5×1 16L	Yaw, pitch, roll	2000	Cyfrowe	3	6,1	–	–
L3G4200D	LGA 16 4×4×1.1	Yaw, pitch, roll	2000	Cyfrowe	3	6,1	–	–
L3G462A	LGA 16 4×4×1.1	Yaw, pitch, roll	625	Analogowe	3	6,9	–	2
L3GD20	LGA 16 4×4×1.1	Yaw, pitch, roll	–	Cyfrowe	3	6,1	–	–
LPR403AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, roll	30	Analogowe	3	6,8	140	33,3
LPR410AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, roll	100	Analogowe	3	6,8	140	10
LPR4150AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, roll	1500	Analogowe	3	6,8	140	0,67
LPR430AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, roll	300	Analogowe	3	6,8	140	3,33
LPR450AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, roll	500	Analogowe	3	6,8	140	2
LPY403AL	LGA 28 4×5×1.1	Pitch, yaw	30	Analogowe	3	6,8	140	33,3
LPY410AL	LGA 28 4×5×1.1	pitch, yaw	100	Analogowe	3	6,8	560	10
LPY4150AL	LGA 28 4×5×1.1	pitch, yaw	1500	Analogowe	3	6,8	140	0,67
LPY430AL	LGA 28 4×5×1.1	pitch, yaw	300	Analogowe	3	6,8	140	3,33
LPY450AL	LGA 28 4×5×1.1	pitch, yaw	500	Analogowe	3	6,8	140	2
LY3100ALH	LGA 10 3×5×1.1	yaw	1000	Analogowe	3	4,2	140	1,1
LY3200ALH	LGA 10 3×5×1.1	yaw	2000	Analogowe	3	4,2	140	0,67
LY330ALH	LGA 10 3×5×1.1	yaw	300	Analogowe	3	4,2	140	3,752

**Biblioteki iNEMO Engine – prawdziwa siła MEMS-ów z oferty STMicroelectronics**

Inżynierowie firmy STMicroelectronics stanęli na wysokości zadania: przygotowali i bezpłatnie udostępnił biblioteki programowe obsługujące wszystkie czujniki MEMS oferowane przez tego producenta, które realizują funkcje konfigurowalnego filtra Kalmana. Dzięki temu oferowane przez ST żyroskopy i czujniki przyspieszenia można dość łatwo wykorzystać w aplikacjach sterujących realnymi, złożonymi obiektami dynamicznymi (jak na przykład quadroptery), co bez tak zaawansowanej filtracji praktycznie nie gwarantowało sukcesu.

a stosunek sygnał/szum jest nie mniejszy niż 63 dB.

Nieco lepszymi parametrami akustycznymi charakteryzują się mikrofony MP34Dx01, gdzie x=T lub B w zależności od strony ulokowania otworu dla fali akustycznej. Ich pasmo przenoszenia jest praktycznie płaskie w zakresie od 40 Hz do 3 kHz, a w całym zakresie od 20 Hz do 20 kHz odchylenia czułości w stosunku do czułości dla 1 kHz nie przekraczają  $\pm 2$  dB.

Kolejną nowością w ofercie STMicroelectronics są MEMS-owe czujniki ciśnienia, a dokładniej: czujnik ciśnienia, bowiem obecnie jest (stan na grudzień 2011) produkowany jeden typ takiego układu: LPS331 (jego schemat blokowy pokazano na rysunku 3). Zapowiadany całkiem niedawno (i używany w prezentowanym dalej zestawie iNEMO) czujnik LPS001WP (zakres pomiarowy: 300...1100 mbar) został przez producenta wycofany z oferty. Czujnik LPS331 umożliwia pomiar ciśnienia bezwzględnego w zakresie od 260 do 1260 mbar, a wynik pomiaru można odczytać w postaci cyfrowej za pomocą interfejsu I<sup>2</sup>C lub SPI – obydwa są alternatywnie dostępne w LPS331.

Dużym zainteresowaniem cieszą się wśród konstruktorów czujniki „kompasowe” LSM303DLx, w których zintegrowano trzyosiowy czujnik przyspieszenia oraz 3-kanałowy czujnik pola magnetycznego. Taka konstrukcja pozwala stosować go w urządzeniach, w których konieczne jest wykrywanie ruchu urządzenia i jego kierunku względem bieguna Ziemi. Zakres pomiarowy czujników przyspieszenia wynosi od  $\pm 2$  do  $\pm 16$  g, a czujników pola magnetycznego od  $\pm 1,3$  do  $\pm 8,1$  gaussa, co pozwala na dość dokładne pomiary ziemskiego pola magnetycznego, którego natężenie mieści się w przedziale od 0,3 do 0,6 gaussa w zależności od punktu pomiaru. Dane z kanałów: akcelerometrycznego i magnetycznego są konwertowane do postaci 16-bitowych próbek, których wartości mogą być odczytane za pomocą dwóch (niezależnych dla każdego kanału w układzie LSM302DLM) interfejsów I<sup>2</sup>C (w LSM-

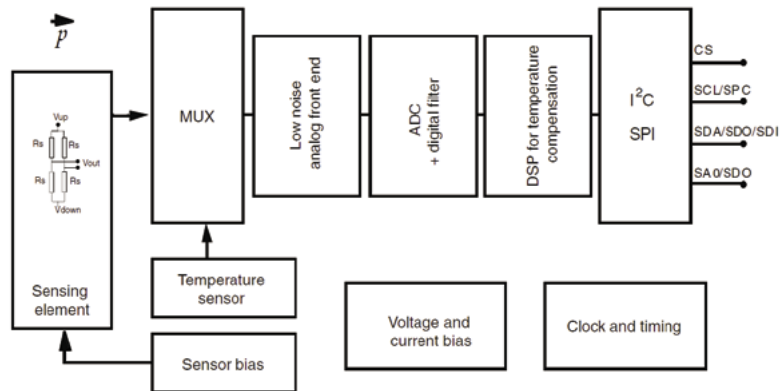


Fotografia 2. Wygląd mikrofonu MP45DT01

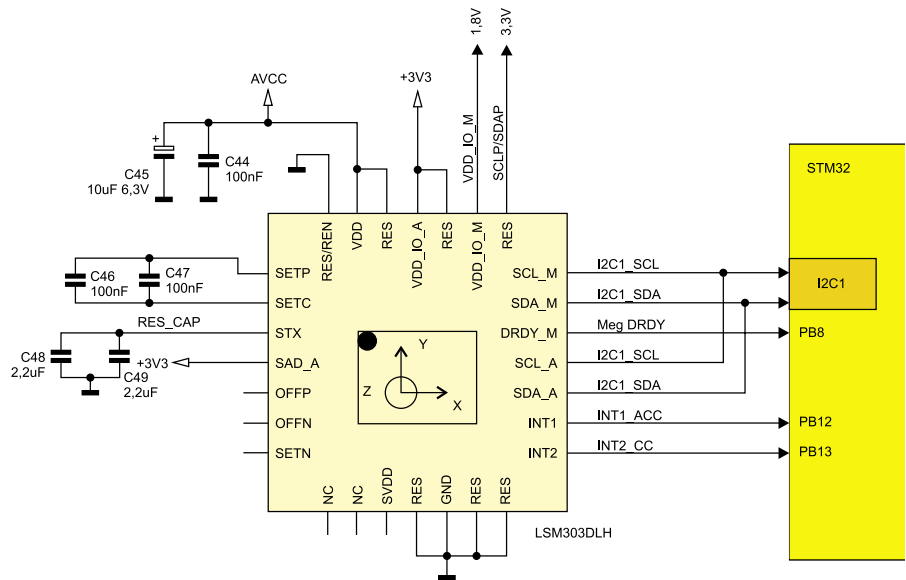
302DLHC jest jeden interfejs wspólny dla obydwu kanałów).

Inżynierowie firmy STMicroelectronics wraz z poszerzeniem oferty czujników przyspieszenia opracowali biblioteki pro-

gramowe ułatwiające stosowanie MEMS-ów w praktycznych aplikacjach. Uproszczona wersja biblioteki iNEMO Engine Lite umożliwia obsłużenie zarówno wielosiowych czujników przyspieszenia jak i czujników



Rysunek 3. Schemat blokowy czujnika ciśnienia LPS331



Rysunek 4. Schemat aplikacyjny czujnika LSM303 zastosowanego w zestawie iNEMO v2



mowaniu na PC – można w efektywny sposób prezentować graficznie oraz gromadzić w plikach tekstowych przeznaczonych do dalszej obróbki.

Popis możliwości czujników oferowanych przez STMicroelectronics i zastosowanych w zestawie iNEMO nowoczesny mikrokontroler z rodziny STM32 są dla producenta pretekstem do prezentacji możliwości także innych, nowoczesnych podzespołów: wykonanych w technologii BiCMOS liniowych stabilizatorów napięcia LDS3985 (w dwóch wersjach o napięciach wyjściowych 1,8 oraz 3,3 V), półprzewodnikowego zabezpieczenia przed udarami ESD linii D+ i D- interfejsu USB (wyspecjalizowany zestaw o nazwie USBUF02W6) zintegrowany z filtrem EMI, a także spełniający podobne zadanie, ale w interfejsie karty SD, układ EMIF06.

Poza wymienionymi peryferiami, użytkownik może wykorzystać w swojej aplikacji 1 przycisk oraz jedną diodę LED, wyprowadzony na złącze szpilkowe interfejs UART (z sygnałami CTS i RTS w poziomach TTL -LV), a także 8 linii GPIO mikrokontrolera, które wyprowadzono na złącze szpilkowe o rastrze 2,54 mm. Pomimo bogatego wyposażenia całe urządzenie mieści się na płytce o wymiarach ok. 4×4 cm i może być zasilane z USB lub zasilacza zewnętrznego o napięciu wyjściowym ok. 5 V.

Zestaw iNEMO v2 jest dostarczany przez producenta w określonej (i opisanej w dokumentacji) konfiguracji sprzętowej, ale w przypadku konieczności zmodyfikowania charakterystyk i rodzajów filtrów wyjściowych czujników MEMS z wyjściami analogowymi lub zmiany zakresów pomiarowych (np. LPR430), można to zrobić samodzielnie poprzez modyfikację wartości niektórych elementów pasywnych lub montażu/demontażu niektórych zworek (lutowanych SMD).

Prezentowany zestaw jest dostarczany z wgranym *firmware*, który zapewnia jego współpracę z oprogramowaniem demonstracyjnym pracującym na PC, ale dzięki interfejsowi SWD/JTAG każdy użytkownik może wpisać do pamięci Flash mikrokontrolera własną aplikację. W razie konieczności odtworzenia oryginalnego oprogramowania ułatwia to zapisany w chronionej części pa-

**Wyposażenie zestawu iNEMO v2 (STEVAL-MKI062V2):**

- mikrokontroler STM32F103RE
- 2-osiowy żyroskop z wyjściami analogowymi LPR430AL
- żyroskop z wyjściami analogowymi LY330ALH
- 3-kierunkowy czujnik magnetyczny zintegrowany z 3-kierunkowym czujnikiem przyspieszenia LSM303DLH
- czujnik ciśnienia LPS001DL
- czujnik temperatury STLM75

**STLM75DS2F**

Digital temperature sensor & thermal watchdog

**LSM303DLH**

6-axis module: accelerometer and magnetometer

**LY330ALH**

MEMS Yaw gyroscope

**LD3985M18R & LDS3985M33R**

Voltage regulators

**LPS001DL**

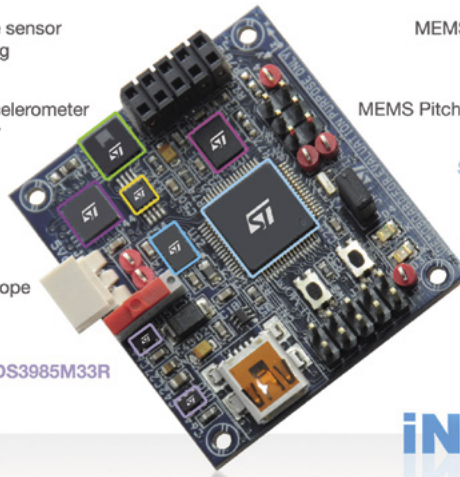
MEMS pressure sensor

**LPR430AL**

MEMS Pitch & Roll gyroscope

**STM32F103RET7**

32-bit MCU



**iNEMO™**



mieści Flash bootloader z obsługą trybu DFU (*Device Firmware Upgrade*), który współpracuje z oprogramowaniem dostarczonym wraz zestawem.

Z tego krótkiego opisu dość jasno wynika, że zestaw iNEMO v2 jest świetnym narzędziem sprzętowym pozwalającym szybko

i wygodnie poznać od strony praktycznej nie tylko najnowsze czujniki MEMS z oferty STMicroelectronics, ale także inne nowoczesne podzespoły, które są coraz częściej niezbędne w wyrafinowanych współczesnych aplikacjach.

**Andrzej Gawryluk, EP**

REKLAMA

**AVTduino Motor - driver silników dla Arduino**

**AVT1619**

**www.sklep.avt.pl**

Więcej informacji:

