

## Płytki czujników Sensor Hub BoosterPack

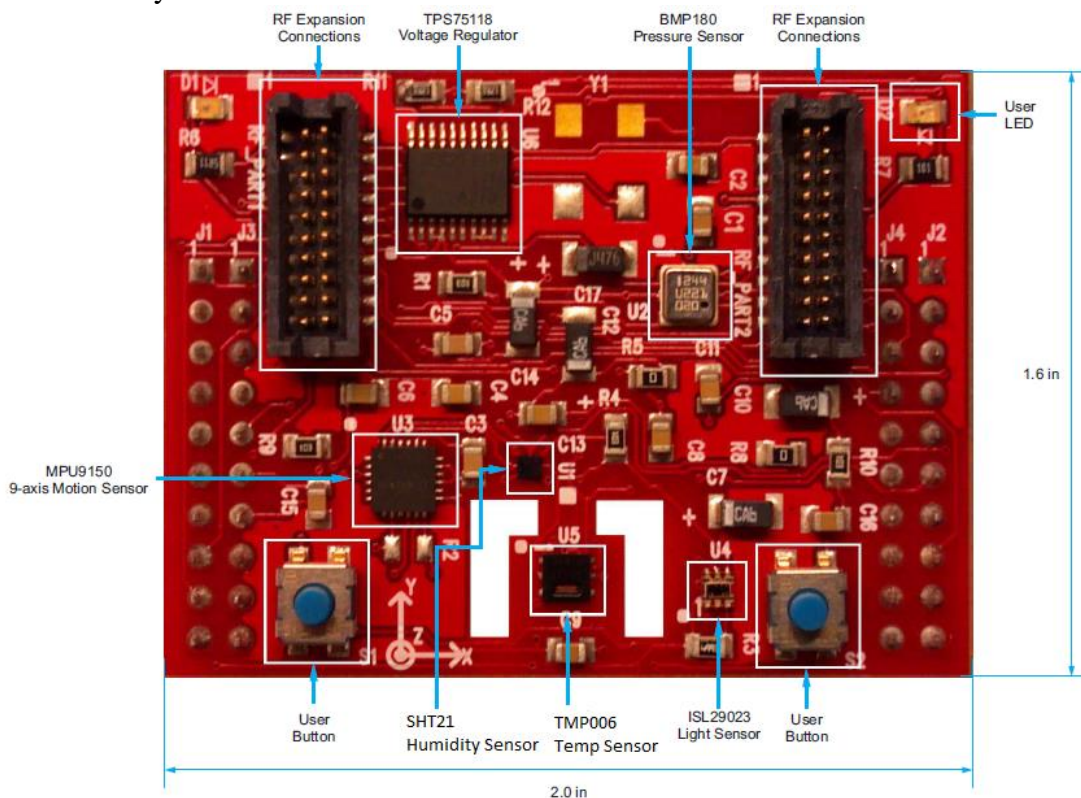
Scalone czujniki zaczęły rewolucjonizować konstrukcje elektroniczne. Już wiemy skąd okulary Google Glass orientują się dokąd zmierzasz. Ty też możesz się tak samo dobrze zorientować używając płytki rozszerzeń Sensor Hub BoosterPack firmy Texas Instruments. Zawiera ona pięć czujników: bezdotykowy pomiar temperatury, dziewięć-osiowy czujnik ruchu, czujnik ciśnienia atmosferycznego, czujnik oświetlenia otoczenia i podczerwieni oraz czujnik wilgotności.

Sensor Hub BoosterPack (BOOSTCL-SENSHUB) firmy Texas Instruments jest płytką rozszerzeń przeznaczoną dla zestawów ewaluacyjnych LaunchPad ze złączem rozszerzeń typu BoosterPack XL [1]. Płytkę nadaje się szczególnie do pracy z zestawem ewaluacyjnym Tiva C Series TM4C123G LaunchPad (EK-TM4C123GXL) [4]. Płytkę umożliwia tworzenie i prototypowanie rozwiązań wymagających obliczeń zmiennoprzecinkowych razem z detekcją ruchu i parametrów otoczenia. Płytkę Sensor Hub BoosterPack jest mocowana na złączach rozszerzeń BoosterPack XL znajdujących się na górze płytki zestawu LaunchPad [2]. Płytkę Sensor Hub BoosterPack jest dodatkowo wyposażona w standardowe złącze rozszerzeń (EM – extension module) transmisji radiowej przeznaczone do dołączenia modułu transmisji bezprzewodowej. Na płytce jest miejsce do zamontowania kwarcu 32.768kHz (Y1). Dostępne są bardzo rozbudowane strony tematyczne w ramach TI Wiki.

Dla obsługi płytki jest opracowana nowa biblioteka TiwaWare Sensor Library zawierająca drajwery dla łatwego rozszerzenia aplikacji o obsługę czujników .

Płytkę rozszerzeń Sensor Hub BoosterPack udostępnia następujące cechy (rys.2):

- Czujnik bezdotykowego pomiaru temperatury TMP006 (Texas Instruments)
- Dziewięć-osiowy czujnik ruchu MPU-9150 (InvenSense)
- Czujnik ciśnienia atmosferycznego BMP180 (Bosch)
- Czujnik oświetlenia otoczenia i podczerwieni ISL29023 (Intersil)
- Czujnik wilgotności SHT21 (Sensiron)
- Dioda LED dla użytkownika
- Dwa przyciski dla użytkownika
- Złącza rozszerzeń z sygnałami wyprowadzeń I/O procesora
- Standardowe złącze rozszerzeń (EM) transmisji radiowej do dołączenia modułu transmisji bezprzewodowej
- Zasilanie: 2.7V do 5.5V, typowo 3.3V ze złącza BoosterPack XL
- Rozmiary: 5.08x3.81x1.587 cm

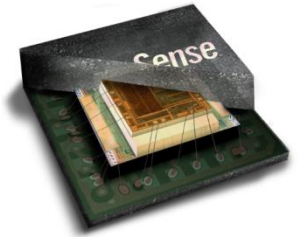


Rys.2 Elementy płytki rozszerzeń Sensor Hub BoosterPack



## Dziwięcio-osioowy czujnik ruchu MPU-9150

Najciekawszym układem scalonym płytki Sensor Hub BoosterPack jest scalony czujnik ruchu MPU9150 (InvenSensor), który zawiera w jednej obudowie: 3-osioowy akcelerometr, 3-osioowy żyroskop, 3-osioowy kompas (magnetometr) oraz procesor DMP (Digital Motion Processor) i termometr cyfrowy.



Układ MPU-9150 ma budowę typu SiP (System in Package) gdzie łączy układ MPU-6050 (InvenSensor) zawierający 3-osioowy żyroskop i 3-osioowy akcelerometr, procesor DMP oraz układ AK8975 (Asahi Kasei Microdevices Corporation) zawierający 3-osioowy cyfrowy kompas.

**Żyroskop** został zrealizowany w technologii MEMS i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z
- Trzy przetworniki ADC 16 bitów, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie
- Regulowany zakres:  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$  oraz  $\pm 2000$  %s (131 LSBs/dps), kalibrowany fabrycznie
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy
- Wbudowany układ do wykonywania testu działania, sterowany programowo

**Akcelerometr** został zrealizowany w technologii MEMS i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z
- Trzy przetworniki ADC 16 bitów, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie
- Regulowany zakres:  $\pm 2$  g,  $\pm 4$  g,  $\pm 8$  g oraz  $\pm 16$  g
- Detekcja orientacji i stuku
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy
- Wbudowany układ do wykonywania testu działania, sterowany programowo

**Kompas** został zrealizowany w technologii monolitycznej z wykorzystaniem efektu Halla i charakteryzuje się następującymi cechami:

- Trzy osie X, Y, Z
- Trzy przetworniki ADC 13 bitów, osobno dla każdego kanału, umożliwiające jednoczesne próbkowanie
- Zakres pomiaru:  $\pm 1200$   $\mu$ T (0.3  $\mu$ T na LSB)
- Programowalny cyfrowy filtr dolnoprzepustowy
- Wbudowany układ z wewnętrznym źródłem magnetycznym do wykonywania testu działania sterowany programowo

**Procesor DMP** (Digital Motion Processor) - wbudowany w układ procesor typu DSP. Wykonuje łączenie synchronicznie próbkowanych danych ze wszystkich czujników oraz cyfrowego pomiaru temperatury do postaci pakietu danych zapisywanych do pamięci FIFO. Procesor udostępnia również analizę gestów.

## Czujnik pomiaru bezdotykowego temperatury TMP006

Kolejny ciekawy układ na płycie to scalony czujnik pomiaru bezdotykowego temperatury TMP006 (Texas Instruments). Wykonuje on pośredni oraz bezpośredni pomiar temperatury. Pomiar pośredni wykorzystuje detekcję promieniowania podczerwonego. Czujnik temperatury obiektu używa termostosu (thermopile) do absorbowania energii w zakresie podczerwieni emitowanej przez obiekt podlegający pomiarowi. Zmiany napięcia termostosu określają temperaturę obiektu. Pomiar bezpośredni temperatury (otoczenia) jest wykonywany przez wbudowany w strukturę układu scalonego czujnik półprzewodnikowy.

## Czujnik wilgotności SHT21

Scalony czujnik wilgotności SHT21 (Sensiron) wykonuje pomiary względnej wilgotności powietrza oraz pomiar temperatury. Odczyt wilgotności jest realizowany poprzez pomiar pojemnościowy. Do pomiaru temperatury został zastosowany półprzewodnikowy czujnik diodowy (band gap). Dodatkowo układ zawiera wzmacniacz analogowy, przetwornik a/c, pamięć OTP i cyfrową jednostkę obliczeniową.

## Czujnik ciśnienia atmosferycznego BMP180

Scalony czujnik ciśnienia atmosferycznego BMP180 (Bosch) wykonuje pomiar barometryczny. Układ jest zrealizowany z czujnikiem piezoceramicznym co zapewnia wysoką rozdzielczość, liniowość i długoterminową stabilność termiczną. Układ zawiera wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy z układem cyfrowym sterowania z pamięcią EEPROM do zapisu danych kalibracyjnych do kompensowania offsetu, wpływu temperatury i innych zależności na wartość pomiaru.

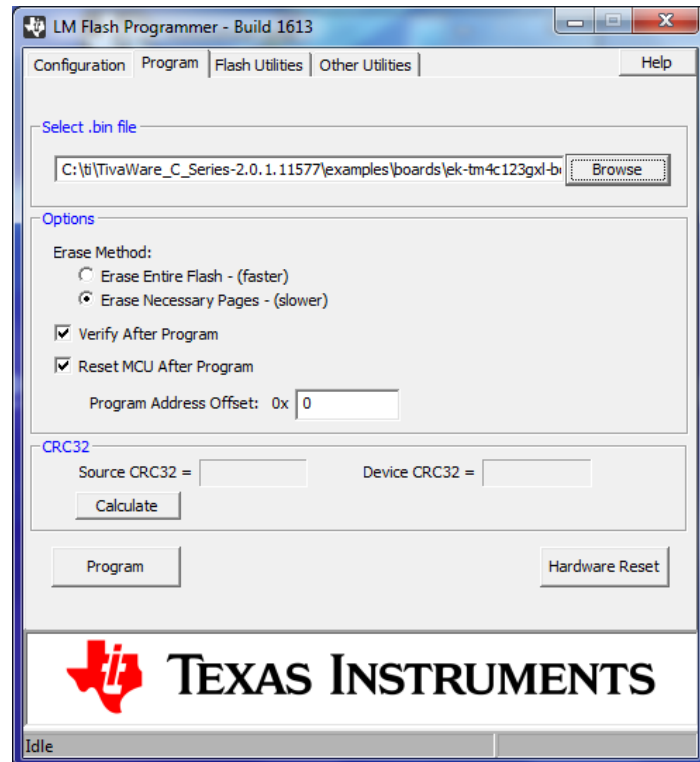
## Czujnik oświetlenia otoczenia i podczerwieni ISL29023

Scalony czujnik oświetlenia otoczenia i podczerwieni ISL29023 (Intersil) wykonuje pomiar poziomu oświetlenia. Układ zawiera dwie matryce fotodiod. Jedna mierzy oświetlenie w zakresie światła widzialnego ALS („Ambient Light Sensing”) z charakterystyką spektralną zbliżoną do ludzkiego oka i z bardzo dobrym tłumieniem podczerwieni. Druga matryca wykonuje pomiar w zakresie podczerwieni (IR).

### Programowanie procesora

Przykładowe projekty pakietu TivaWare zawierają gotowe pliki binarne do programowania procesora. Do programowania projektu (np. *airmouse*) można zastosować program LM Flash Programmer.

- 1) Nałóż płytkę Sensor Hub BoosterPack na złącze rozszerzeń BoosterPack XL zestawu ewaluacyjnego Tiva C Series TM4C123G LaunchPad. Zwróć uwagę aby przyciski na obu płytkach były po tej samej stronie.
- 2) Ustaw przełącznik SW3 (PWR Select) zestawu TM4C123G LaunchPad w prawej pozycji „DEBUG”. Kablem USB podłącz gniazdko USB Micro-B „DEBUG” zestawu do wolnego portu USB komputera PC. Upewnij się, że środowisko CCSv5 nie jest uruchomione i dołączone do zestawu.
- 3) Uruchom program *LM Flash Programmer*.
- 4) Na zakładce *Configuration* w polu *Quick Set* wybierz zestaw *TM4C123G LaunchPad*.
- 5) Na zakładce *Program* kliknij na *Browse* i wskaż plik binarny \*.bin wybranego projektu w osobnym folderze w ścieżce projektów przykładowych



C:\ti\TivaWare\_C\_Series-2.0.1.11577\examples\boards\ek-tm4c123gxl-boostxl-senshub\airmouse\ccs\Debug\airmouse.bin

- 6) Wybierz opcję *Erase Necessary Page* oraz *Verify After Program* oraz *Reset MCU After Program*.
- 7) Kliknij na przycisk *Program*. Po zakończeniu pracy zostanie na pasku stanu wyświetlona informacja *Verify Complete – Passed*.

Po zakończeniu programowania procesora M4C123GH6PMI zestawu i wykonaniu procedury Reset dioda RGB LED zacznie szybko błyskać. Oznacza to, że inicjalizacja procesora i zestawu została zakończona i aplikacja przykładowa pracuje poprawnie.

### Obsługa myszy „Air Mouse”

Przykładowy projekt *airmouse* pokazuje zastosowanie biblioteki *Sensoror Library* do obsługi scalonego czujnika ruchu MPU9150 (InvenSensor) na płytce Sensor Hub BoosterPack dołączonej do zestawu ewaluacyjnego Tiva C Series TM4C123G LaunchPad [3]. Pobrane dane są wykorzystane do detekcji ruchu i gestów. Następnie generowane są zdarzenia standardowej myszy i klawiatury komputerowej.

Plik binarny projektu znajduje się w folderze \airmouse\ccs\Debug\airmouse.bin w ścieżce projektów przykładowych.

Żyroskop jest podstawowym czujnikiem pomiarowym. Akcelerometr jest użyty jako odniesienie do orientacji w osiach X i Z (w poziomie). Magnetometr służy do wyliczenia kierunku odniesienia dla osi Y (w pionie). Ruchy myszą są określane przez osie X i Z. Prędkości obrotowe i przyspieszenia są używane do interpretacji gestów. Dane są wyliczane 100 razy na sekundę.

Praca z aplikacją projektu *airmouse* wymaga specjalnego postępowania.

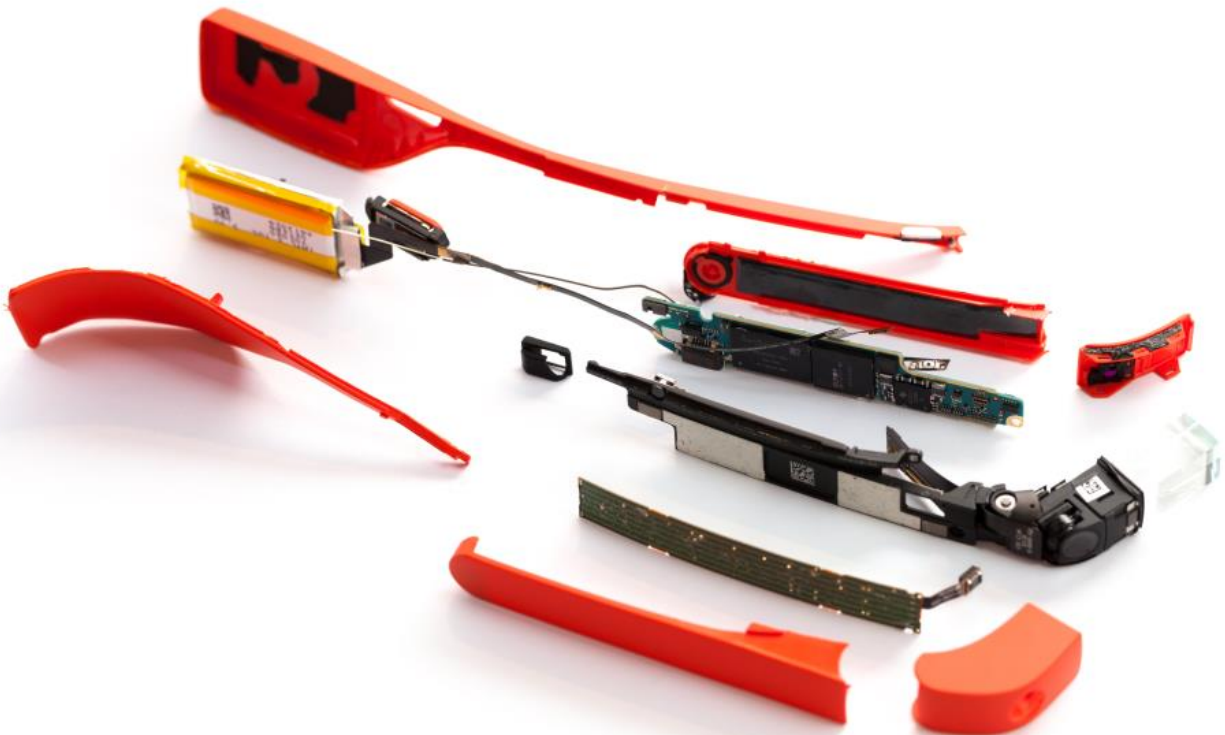
- 1) Po standardowym zaprogramowaniu procesora należy odłączyć kabel USB od gniazdko USB Micro-B „Debug” zestawu.
- 2) Ustaw przełącznik SW3 (PWR Select) zestawu TM4C123G LaunchPad w lewej pozycji „DEVICE”.
- 3) Kablem USB podłącz gniazdko USB Micro-B „DEVICE” zestawu do wolnego portu USB komputera PC.



- 4) Komputer PC rozpozna nowe urządzenie i zainstaluje dla niego standardowe sterowniki myszy. Dioda RGB zaświeci jeden raz dłużej a potem będzie nieregularnie szybko błyskać. Trwa to dosyć długo. Na końcu komputer sygnalizuje, że urządzenie jest gotowe do pracy.
  - 5) Naciśnij przycisk „RESET” na płytce zestawu i przytrzymaj chwilę.
  - 6) Otwórz przeglądarkę internetową lub duży plik pdf. Ustaw myszką kursor w okolicach środka okna aplikacji.
  - 7) **Uchwyć komplet płytek tak, że kabel USB będzie po prawej a przyciski znajdują się u góry pod twoimi palcami.**
  - 8) Delikatnie przechyl płytkę w górę i w dół. Kursor zmienia położenie zgodnie z kierunkiem pochylenia.
  - 9) Delikatnie przechyl płytkę w lewo i prawo. Ponownie położenie kursora podąża za pochyleniem.
  - 10) Można używać przycisków jak w standardowej myszce. Przycisk SW2 zestawu LaunchPad działa jako przycisk lewy, a przycisk SW1 jako prawy.
  - 11) W pozycji poziomej, obrót w prawo działa jak „PAGE UP” a obrót w lewo jak „PAGE DOWN”.
  - 12) W pozycji poziomej, szybki ruch w przód powoduje zmniejszenie powiększenia („Zoom out”) a szybki ruch w tył powoduje zwiększenie powiększenia.
- Są jeszcze inne rozpoznawane gesty jak np. szybki ruch do góry symuluje przyciśnięcie kombinacji klawiszy ALT+TAB.

### Dokąd zmierzasz w Google Glass?

Ciekawy projekt pozyskania Google Glass a następnie rozmontowania (i złożenia) go na elementy został pokazany w sieci [5]. Po dotarciu na poziom elastycznych PCB okazało się, że za orientację odpowiada scalony układ MPU-9150 (InvenSensor) dziewięcio-osiowego czujnika ruchu. Ten sam, który znajduje się na płytce rozszerzeń Sensor Hub BoosterPack firmy Texas Instruments. Z jej użyciem można już teraz poeksperymentować z zaawansowanymi technikami identyfikacji ruchu i gestów.



### Literatura

- [1] Sensor Hub BoosterPack BOOSTXL-SENSHUB, <http://www.ti.com/tool/boostxl-senshub>
- [2] Tiva C Series TM4C123G LaunchPad Evaluation Kit User's Manual, 15 Apr 2013, [SPMU296](#)
- [3] Wireless Air Mouse Guide, TI Wiki, ([link](#))
- [4] Henryk A. Kowalski, Zestaw ewaluacyjny Tiva C Series TM4C123G LaunchPad, [Elektronika Praktyczna](#) 6/2014
- [5] Co jest w środku Google Glass? <http://googleglass.7thguard.net/>