**BMM 150 firmy Bosch Sensortec**

Do wykonania projektu kompasu niezbędny jest układ, przetwarzający pole magnetyczne w sygnał elektryczny, możliwy do przetwarzania przez inne układy elektroniczne. W projektach mikroprocesorowych do tego celu używa się magnetometrów, które wykorzystują efekt Halla. Są one powszechnie stosowane w większości nowych telefonów komórkowych. Również znalazły swoje miejsce w branży samochodowej, w układach ABS jako czujniki prędkości obrotowej kół. Zaletą układów mierzących pole magnetyczne jest nieczułość na wibracje oraz wodę. Warto również podkreślić ich niski pobór prądu, który ma kluczowe znaczenie przy aplikacjach w urządzeniach zasilanych bateryjnie. Wykorzystany moduł firmy Bosch zalicza się do grupy takich układów.

**Efekt Halla i Hallotron**

Zjawisko to w 1879r. odkrył 24 letni wówczas doktorant Edwin Herbert Hall. Mierzył on różnicę potencjałów, jaka pojawiała się w półprzewodniku umieszczonym w polu magnetycznym.

W półprzewodniku przez który płynie prąd elektryczny, znajdującym się w polu magnetycznym pojawia się generowane napięcie prostopadłe zarówno do pola elektrycznego jak i do pola magnetycznego. To napięcie jest zwane napięciem Halla. Całość powstaje w wyniku siły Lorentza działającej na ładunki, które poruszają się w polu magnetycznym. Siła Lorentza działa na nośniki prądu odchylając je do jednej ze ścianek półprzewodnika. W skutek tego powstaje różnica gęstości ładunków czyli pole elektryczne. Zmierzona różnica potencjałów jest tym większa, im większe pole magnetyczne oddziałuje na półprzewodnik.

Zjawiskiem wykorzystującym efekt Halla jest Hallotron. Tworzony on jest z półprzewodników charakteryzujących się dużą ruchliwością nośników. Czułość tego urządzenia jest ściśle związana z grubością wykorzystanego materiału. Odpowiedzialny jest za to fakt, że napięcie Halla maleje wraz ze wzrostem grubości półprzewodnika.

**BMM 150**

Układ wykorzystany w projekcie jest sensorem wykorzystującym efekt Halla. Praca takiego czujnika polega na zmianach napięcia związanych ze zmianą pola magnetycznego. Sensor ten potrafi mierzyć zmiany pola w trzech osiach. Zakres pomiarowy pola na osiach X i Y wynosi +/- 1300 µT natomiast dla osi Z wynosi +/- 2500 µT. Dokładność wskazań dla modułu w pełni skalibrowanego i idealnie wypoziomowanego wynosi +/- 2,5 stopnia. Rozdzielczość układu w temperaturze 25°C wynosi 0.3 µT.   
Wybrany układ stosuje pomiar osi Z używając efekt Halla, natomiast do pomiarów osi X oraz Y zastosowana została nowa metoda pomiarów zwana „FlipCore” opracowana przez firmę Bosch. W tej metodzie biegun magnetyczny, którego warstwa ma grubość milionowych części milimetra jest okresowo odwracany. W czasie każdego odwrócenia bieguna, na wyjściu cewki detektora pojawia się pulsacja napięcia. Ten ciąg impulsów jest surowymi danymi wyjściowymi układu, ponieważ chwilowa różnica między sygnałami zależy od siły natężenia pola magnetycznego, w którym znajduje się układ.

Moduł BMM 150 może pracować w trybie normalnym lub wymuszonym. Oba te tryby są odpowiedzialne za wykonywanie pomiarów. Normalny umożliwia ustawienie częstotliwości wykonywania pomiarów oraz wybrania, z których osi mają być odczytywane dane, natomiast tryb wymuszony wykonuje jeden pomiar po wpisaniu wartości w rejestrze. Pomiędzy pomiarami układ przebywa w stanie uśpionym co pozwala zmniejszyć pobór prądu.

Wybrany model magnetometru posiada również możliwość wykonania większej ilości powtórzeń pomiaru i dopiero po ostatnim pomiarze dane trafiają do rejestrów. Minimalizuje to szumy nawet do poziomu 0.3 µT, jednak uniemożliwia wykonywanie pomiarów z wysoką częstotliwością.

Zaletą tego układu jest również fakt, że posiada on dwa rodzaje weryfikacji poprawności działania. Ustawiając odpowiednie wartości w rejestrach możliwe jest przeprowadzenie normalnego lub zaawansowanego autotestu.   
Podczas normalnego autotestu sprawdzane są połączenia FlipCore’ów X i Y do ASIC, połączenia sensora halla na występowanie zwarć oraz przerwanych połączeń, jak również sprawdzana jest ścieżka sygnałowa sensora halla, oraz offset na wystąpienie przepełnienia.  
Autotest zaawansowany służy do sprawdzenia ścieżki sygnałowej oraz czułości kanału Z.

Magnetometr ten posiada również sterownik przerwań obsługujący przerwania w takich sytuacjach jak gotowość danych do odczytu, przekroczenie dolnej oraz górnej granicy pola magnetycznego, które można manualnie ustawiać.

Komunikacja z układem jest możliwa przy wykorzystaniu dwóch najbardziej rozpowszechnionych protokołów komunikacyjnych w dziedzinie mikrokontrolerów czyli SPI oraz I2C. Zaletą modułu w tym obszarze jest możliwość manipulacji adresem urządzenia. Dostępne są cztery adresy. Jest to szczególnie istotne w układach złożonych z wielu modułów, gdzie zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia dwóch modułów z takim samym adresem.

**Wyświetlacz ciekłokrystaliczny TFT**

TFT jest to skrót, który określa specjalny rodzaj cienkowarstwowych tranzystorów unipolarnych. Są one wykorzystywane do sterowania wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi. Różnią się od standardowych tranzystorów FET rodzajem podłoża. Tranzystory tej rodziny układane są na szklanym podłożu, a wyświetlacze wykorzystujące tą technologię cechuje lepsza jakoś obrazu. W tym rozwiązaniu jeden tranzystor steruje pojedynczym subpikselem, natomiast w technice z pasywną matrycą (STN) tranzystory były położone na obrzeżach matrycy i sterowały całymi kolumnami lub wierszami. Wyświetlacze STN charakteryzują się mniejszym poborem prądu, jednak w zastosowaniach, gdzie zasilanie bateryjne nie ma kluczowego znaczenia, zostały one całkowicie wyparte przez układy typu TFT.

W skład zestawu DISCOVERY od firmy ST wchodzi ciekłokrystaliczny wyświetlacz TFT o rozmiarze 2,4 cala i rozdzielczości 240 na 320 pikseli. Jest on obsługiwany przez sterownik ILI9341, który łączy się z procesorem za pomocą magistrali szeregowej SPI.

**Ekran dotykowy**

Ekran dotykowy to urządzenie, które potrafi wykrywać dotyk palca lub rysika. Jest powszechnie stosowany w telefonach komórkowych, tabletach czy przenośnych komputerach. Zastosowanie znalazł również w przemyśle samochodowym. Na przestrzeni ostatnich lat stał się podstawowym interfejsem pomiędzy użytkownikiem a elektroniką i jest spotykany w każdej dziedzinie wiążącej człowieka z urządzeniami elektronicznymi, którymi można zarządzać. Można wyróżnić dwie najczęściej spotykane techniki wykrywania dotyku stosowane w ekranach:

* Wykrywanie zmian oporu elektrycznego, tzw, ekrany oporowe,
* Wykrywanie zmian pojemności elektronicznej, tzw. ekrany pojemnościowe.

Pierwsza metoda polega na wykrywaniu zmian napięcia powstałych wskutek zwierania elektrod znajdujących się pomiędzy przerwą. Elektrody są przeźroczyste do tego stopnia, że nie zaburza to przejrzystości całego ekranu. Warto jednak zauważyć, że ekrany pojemnościowe posiadają zauważalnie lepszą jakość wyświetlania. Związane jest to z brakiem nadmiarowych warstw, które są niezbędne w ekranach oporowych. Ekrany pojemnościowe potrzebują tylko jednej elektrony i wykorzystują pomiar niewielkich zmian prądu generowanych przez dotknięcie ekranu lub zmiany ładunku elektrostatycznego. Oznacza to, że ekrany pojemnościowe są w stanie wykrywać dotyk nawet bez fizycznego kontaktu. Miejsce dotknięcia jest określane na podstawie zmian pojemności elektrostatycznej w narożnikach ekranu, gdzie umieszczone są elektrody. Na niekorzyść ekranów wykorzystujących tę technikę przemawia cena, która jest zdecydowanie większa od ceny ekranów rezystancyjnych. Poszukując odpowiedniego ekranu powinno się kierować zastosowaniem i środowiskiem, w którym ekran będzie pracować oraz dostępnymi środkami, ponieważ obie te techniki posiadają swoje wady i zalety.

W projekcie został użyty wyświetlacz rezystancyjny, ponieważ taki rodzaj wyświetlacza wchodzi w skład zestawu DISCOVERY. Sterowaniem i przetwarzaniem danych pochodzących z wyświetlacza kieruje układ STMPE811. Najważniejszym elementem wchodzącym w skład wymienionego układu jest 12 bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy. Podobnie jak układ magnetometru, korzysta z interfejsu I2C do komunikacji z procesorem. Najważniejsze rejestry układu STMPE811 to wartości współrzędnych X, Y oraz Z miejsca dotknięcia, gdzie Z przedstawia siłę nacisku, wybór prądu sterującego liniami X i Y, współrzędne narożników aktywnego okna, czy rejestry odpowiedzialne za konfigurację i włączenie przerwań. W projekcie wykorzystana zostanie biblioteka STemWin, która w całości obsługuje niską warstwę wyświetlacza zapewniając kontrolę zarówno nad wyświetlaniem jak i obsługą panelu dotykowego.

Bibliografia:

1. BMM150 Datasheet:

https://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bmm150/BST-BMM150-DS001-01.pdf

1. “FlipCore”:

<http://news.thomasnet.com/fullstory/digital-compass-uses-magnetic-field-measurement-principle-604970>

1. Elektronika Praktyczna 3/2012, notatnik konstruktora:

http://ep.com.pl/files/9585.pdf