

Pierwsze kroki z FPGA, część 1

Szkoła MAXimatora – sprzęt i oprogramowanie

Zainteresowanie projektowaniem w układach FPGA wśród elektroników jest duże, ale – mam wrażenie – przede wszystkim potencjalne. Jednym z podstawowych powodów takiej sytuacji jest historyczne przekonanie propagujące się wśród konstruktorów o wysokich cenach tych układów, trudnej obsłudze i wysokich kosztach oprogramowania do ich projektowania i podstawowych narzędzi sprzętowych, a także trudnym procesie pisania dla nich „programów” (jak często, nieprawidłowo, mówią konstruktorzy niemający doświadczenia z językami HDL).

Rynkowa nowość – zestaw startowy MAXimator firmy KAMAMI – daje szansę taniego zweryfikowania dotychczasowych poglądów na FPGA.

Zestaw MAXimator jest rozwiązaniem nie tylko dla początkujących elektroników, charakteryzującym się kompleksowością, niską ceną, zastosowanym nowoczesnym układem FPGA o dużych zasobach logicznych, a także dobrym wyposażeniem, dostępem do bezpłatnych narzędzi i przyzwoitym wsparciem.

Zacznijmy od krótkiej prezentacji zestawu, który będzie naszą platformą bazową, szczegółowy opis tego zestawu przedstawiliśmy w EP2/2016. Rozmieszczenie najważniejszych elementów wyposażenia pokazano na **rysunku 1**.

„Sercem” zestawu jest układ FPGA 10M08DAF256C-8GES z oferty firmy Altera, należący do rodziny MAX10

(prezentowanej na łamach EP w zeszłym roku). Udostępnia on użytkownikom duże zasoby logiczne, m.in.: ponad 8000 komórek LE, 378 kb konfigurowalnej pamięci podzielonej na moduły M9K, 1376 kb wewnętrznej pamięci Flash dla aplikacji użytkownika, wewnętrzną pamięć konfiguracji Flash (nie ma konieczności używania zewnętrznego konfiguratora!), wewnętrzny generator sygnału zegarowego, wbudowany 12-bitowy przetwornik A/C o częstotliwości próbkowania 1 MHz, 2 wewnętrzne wielokanałowe syntezery PLL, które mogą także spełniać rolę dzielników częstotliwości. W bardziej wyrafinowanych aplikacjach przydatne mogą okazać się także 24 sprzętowe multiplikatory, wbudowany

sensor temperatury oraz interfejsy LVDS zintegrowane w komórkach wejściowo-wyjściowych.

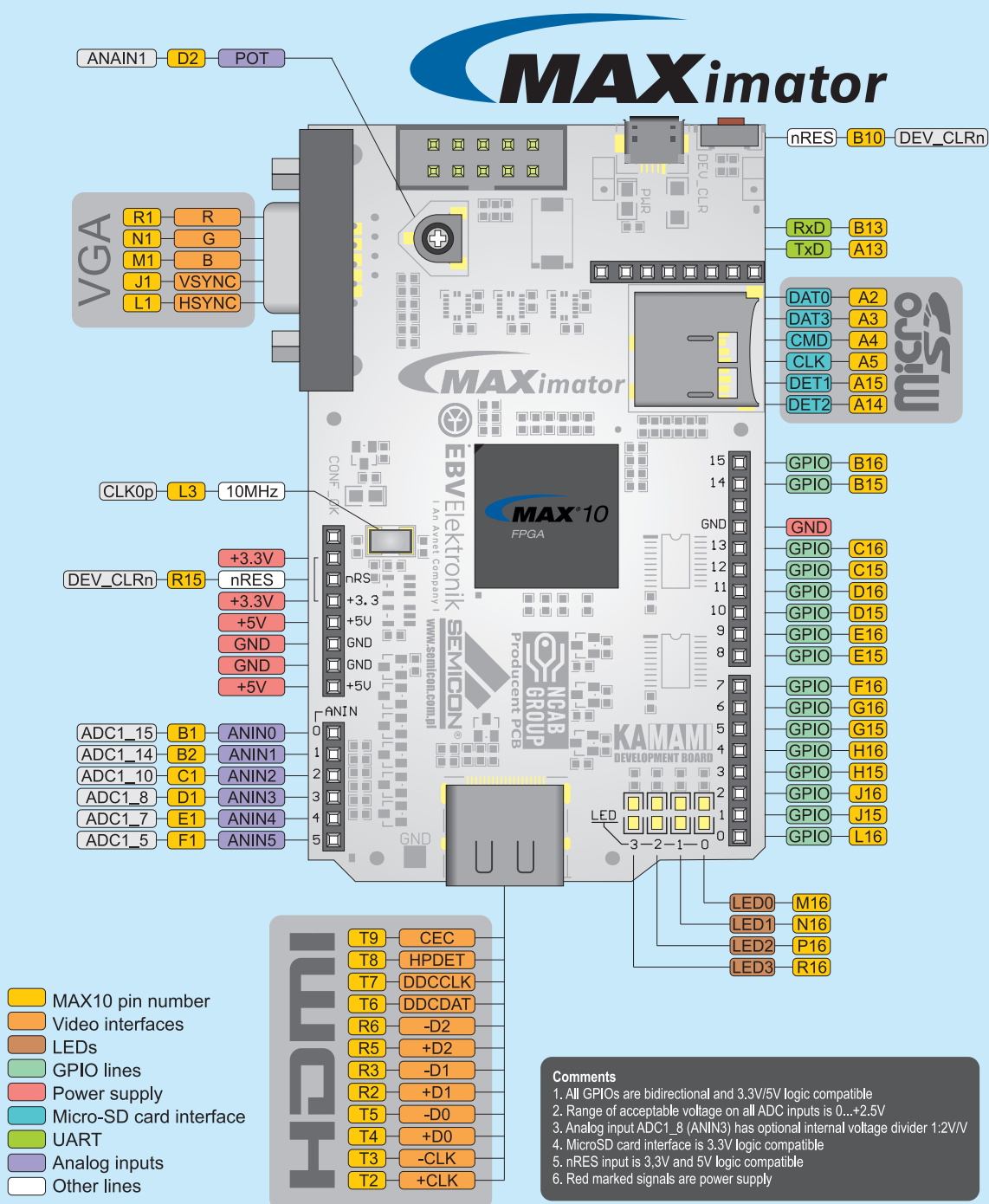
Płytkę MAXimator została przez producenta wyposażona w złącza zgodne z Arduino Uno Rev 3, wyposażonymi na liniach cyfrowych w translatory poziomów napięć 3,3/5 V, które umożliwiają współpracę zestawu ze standardowymi shieldami Arduino, zasilanymi napięciem 5 V. Na złącza Arduino wprowadzono także 5 kanałów ADC (12 bitów/1 MSPS) z ochroną nadnapięciową, która zabezpiecza linie wejściowe przed przekroczeniem zakresu pomiarowego ADC, który wynosi 0...+2,5 V.

Kolejnymi elementami wyposażenia MAXimatora są:

- interfejs HDMI (z warstwą fizyczną CEC oraz DDC),
- interfejs VGA,
- kwarcowy generator sygnału zegarowego 10 MHz,
- 4 diody LED dla aplikacji użytkownika,

- 2 diody LED sygnalizacyjne (zasilanie, konfiguracja FPGA),
- potencjometr analogowy dołączony do dedykowanej linii wejściowej ADC,
- gniazdo karty Flash MicroSD,
- złącze konwertera USB/UART,
- przycisk globalnego zerowania DEV_CLR,
- złącze JTAG zgodne z USB Blasterem.

Zestaw jest przystosowany do zasilania napięciem 5 V ze złącza USB lub napięcia o tej samej wartości doprowadzonego do jednego z pinów na listwie PWR złącza Arduino Uno Rev. 3, oznaczonego symbolem „+5 V”. Linia zasilająca jest zabezpieczona bezpiecznikiem polimerowym, który chroni interfejs USB zasilający zestaw przed przeciążeniem. Z napięcia 5 V w zestawie MAXimator są wytwarzane 3 napięcia niezbędne



Rysunek 1. Rozmieszczenie najważniejszych elementów wyposażenia zestawu MAXimator

do prawidłowej pracy FPGA: 1,2 V, 2,5 V oraz 3,3 V. Napięcia te są wytwarzane w MAXimatorze za pomocą miniaturowych przetwornic DC/DC z serii Altera Enpiration, oznaczonych symbolem EP5388QI.

Wygląd płytki bazowej zestawu MAXimator przedstawiono na **fotografii 2**.

Dobrze wyposażona płytki bazowa to nie koniec atrakcji oferowanych przez zestaw MAXimator, w którego skład wchodzi także programator-debugger JTAG (**fotografia 3**), który jest zgodny z oferowanym przez Alterę interfejsem USB Blaster. Za jego pomocą można programować i konfigurować układ MAX10 zastosowany w zestawie, można także debugować pracę zaimplementowanej w nim logiki, do czego służy funkcja o nazwie SignalTAP II, dostępna także w bezpłatnej wersji pakietu narzędziowego Quartus Prime Lite.

Kolejną, bardzo przydatną w praktyce, atrakcją zestawu MAXimator jest ekspander (shield – **fotografia 4**) zgodny z formatem mechanicznym Arduino, który wyposażono w 4-pozycyjny, 7-segmentowy wyświetlacz LED sterowany multipleksowo, dwie diody LED-RGB z wbudowanymi sterownikami (WS2812B), czujnik temperatury z wyjściem analogowym (światne opracowanie STMicroelectronics – STLM20), a także trzy przyciski – jeden to „arduinoowy” RESET, pozostałe do dowolnego wykorzystania przez użytkownika w aplikacjach.

W ten sposób poznaliśmy sprzęt, który będzie naszą kursową platformą, przechodzimy do oprogramowania.

Firma Altera opracowała własne środowisko projektowe dla produkowanych przez siebie układów FPGA, które nosi nazwę Quartus Prime. Jest ono dostępne w trzech wersjach o odmiennych funkcjonalnościach, z których jedna wersja – Lite – jest dostępna bezpłatnie, pozostałe dwie (Standard i Pro) są dostępne komercyjnie. Do nauki projektowania w FPGA w zupełności wystarczy bezpłatna wersja Lite, która bez istotnych wyłączeń obsługuje możliwości układów MAX10, oferując bogatą gamę predefiniowanych elementów bibliotecznych. Dostępne są zarówno funkcjonalne odpowiedniki rodziny układów TTL, często stosowane bloki (liczniki, multipleksery, demultipleksery, pamięci) z możliwością łatwej parametryzacji przez użytkownika, a także spora gama IP Core’ów, które łącznie upraszczają implementację projektów i to zarówno budowanych w którymś z języków HDL jak i definiowanych za pomocą edytora schematów. Na takim właśnie sposobu przygotowania projektów skupimy się w naszym cyklu – zapewnia on bowiem dużą przejrzystość struktury projektu, łatwe zarządzanie zmianami i jego rozbudową, jest także bliskie elektronikom, ze względu na bliskość metody implementacji projektu z projektowaniem standardowych urządzeń dla elektroników z tym, że zamiast projektu PCB implementujemy moduły cyfrowe w FPGA.

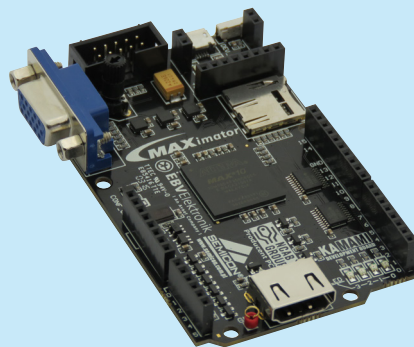
Zaczynamy od pobrania programu Quartus Prime Lite, co wymaga wejścia na stronę www.altera.com i wybranie na niej opcji **Downloads** (**rysunek 5**). W kolejnym oknie (**rysunek 6**) wybieramy najnowszą dostępną wersję Lite oprogramowania (w chwili pisania artykułu była to wersja 15.1), następnie konfigurujemy listę pobrań jak pokazano na **rysunku 7** – nie ma konieczności pobierania relatywnie dużych plików z narzędziami i bibliotekami do syntezy logicznej dla układów innych niż MAX10. Niezbędny dla nas jest pakiet Quartus Prime, przydatny będzie także symulator ModelSIM Altera Edition. Po naciśnięciu

Dokumentacje, schematy, przykłady, pin-outy...

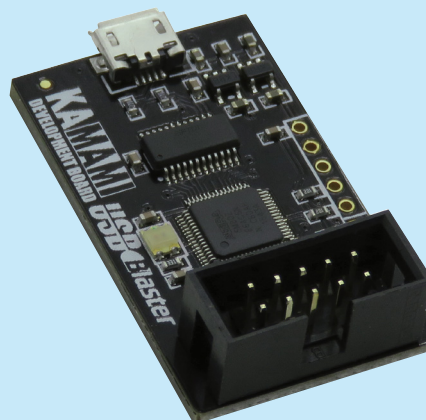
W Internecie jest dostępna specjalna strona supportowa zestawu MAXimator – www.maximator-fpga.org, na której są dostępne m.in.: schematy elektryczne, pliki produkcyjne PCB, instrukcja, rozmieszczenie wyprowadzeń zestawu, przykładowe projekty, zdjęcia, linki do filmów itp. materiały, które mogą się przydać użytkownikom zestawu MAXimator.

przycisku *Download Selected Files* wyświetla się okno pokazane na **rysunku 8** – jeżeli mamy już założone bezpłatne konto dostępowe należy się zalogować, jeżeli nie mamy takiego konta – trzeba się zarejestrować (także bez jakichkolwiek kosztów). W zależności od aktualnej sytuacji może się okazać konieczne pobranie *update’u* plików instalacyjnych, ich dostępność jest sygnalizowana wykrzyknikiem na zakładce *Updates* (**rysunek 9**).

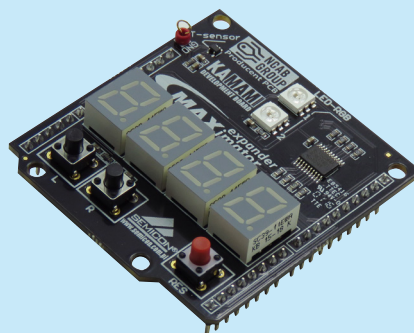
Instalacja oprogramowania przebiega standardowo, jedynym dodatkowym zabiegiem, jaki trzeba zazwyczaj wykonać ręcznie jest wskazanie systemowi operacyjnemu Windows ścieżki do driverów obsługujących programator USB Blaster. Są one instalowane w katalogu *ściezka_instalacji\quartus*



Fotografia 2. Wygląd płytki bazowej MAXimator



Fotografia 3. Wygląd programatora USB Blaster, który wchodzi w skład zestawu MAXimator

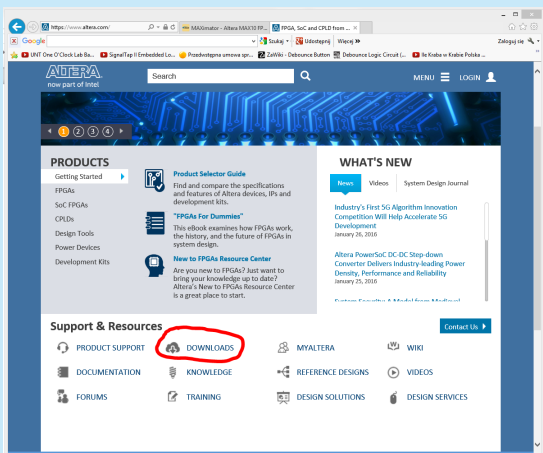


Fotografia 4. Wygląd ekspandera z zestawu MAXimator

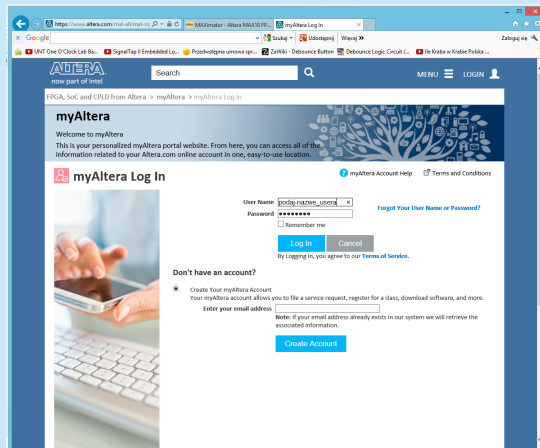
drivers\usb-blaster (dostępne są wersje 32- i 64-bitowa), po zainstalowaniu pakietu oraz pierwszym dołączeniu interfejsu USB Blaster trzeba go ręcznie wskazać. Ręczna interwencja jest potrzebna ze względu na ulokowanie sterowników w nieoczywistym z punktu widzenia OS katalogu instalacji całego pakietu. Poprawność zainstalowania sterowników można zweryfikować sprawdzając w *Menedźerze Urządzeń* obecność w sekcji *Kontrolery uniwersalnej magistrali szeregowej* urządzenia o nazwie Altera USB-Blaster (rysunek 10).

Tak skonfigurowane środowisko sprzętowo-programowe będzie dla nas bazą do kolejnych kroków – za miesiąc zaimplementujemy w FPGA pierwszy projekt. Krok-po-kroku!

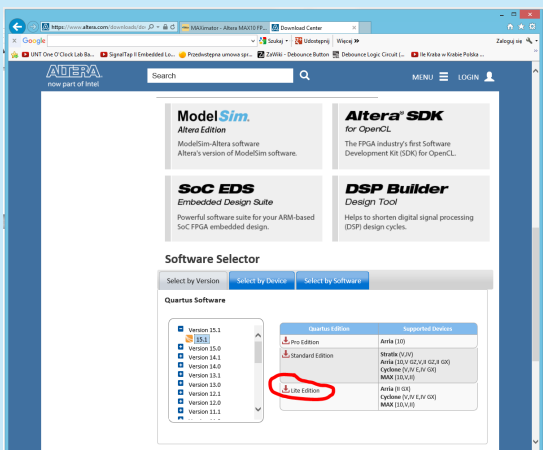
Piotr Zbysiński, EP



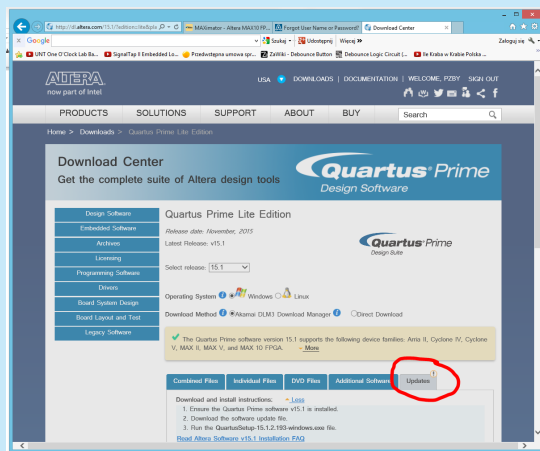
Rysunek 5. Pierwszy etap pobierania oprogramowania – Downloads na stronie altera.com



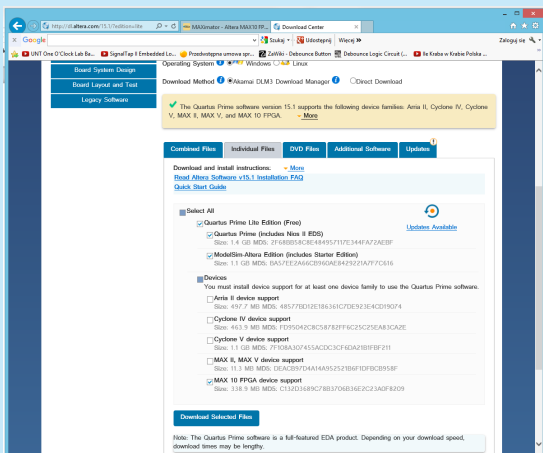
Rysunek 8. W kolejnym kroku trzeba się zalogować lub założyć bezpłatne konto



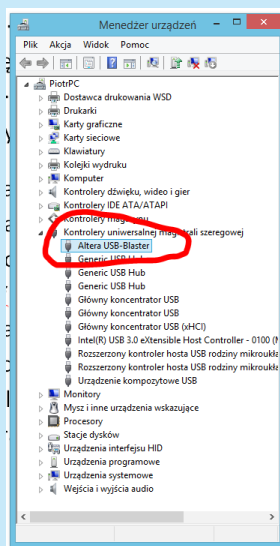
Rysunek 6. Wybieramy bezpłatną wersję Lite Edition



Rysunek 9. Opcjonalnie można pobrać także update – ich dostępność jest sygnalizowana za pomocą wykrzyknika na zakładce Updates



Rysunek 7. Nie ma konieczności pobierania całego środowiska – w zupełności wystarczą opcje pokazane na rysunku



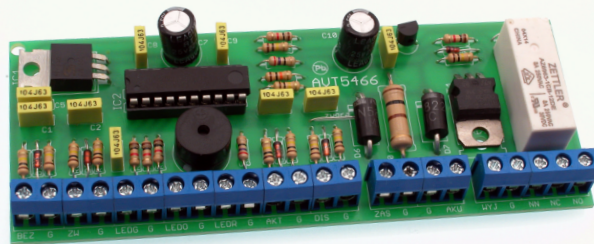
Rysunek 10. Prawidłowe zainstalowanie sterowników USB Blastera można zweryfikować w systemowym Menedźerze Urządzeń

AVT 5466 Centralka alarmowa

Nieskomplikowana centralka alarmowa z liniami dozoru: natychmiastową i zwłoczną. Do każdej z nich można dołączyć szeregowo po kilka czujników, takich jak: detektory ruchu, czujniki otwarcia okien i drzwi (np. kontaktronowe), bariery optyczne i innych z wyjściami w postaci styków normalnie zwartych (NC). Moduł centralki idealnie nadaje się do podstawowego zabezpieczenia domu, mieszkania lub altanki na działce.

Wybrane parametry:

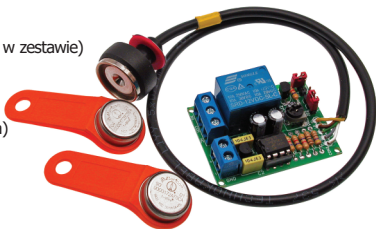
- wyjście przekątnikowe o obciążalności maksymalnej 230 V AC / 8 A
- wyjście zasilające syrenę lub inny sygnalizator 12 V DC / 3 A
- 2 linie wyzwalające: natychmiastowa oraz zwłoczna o czasie zwłoki 30 sekund
- sygnalizacja stanu pracy: 3 diody LED
- sygnalizacja niskiego napięcia akumulatora podtrzymującego
- zasilanie 8...15 VDC, pobór prądu: 2 mA w stanie czuwania, 100 mA w stanie alarmu
- wymiary płytki: 125x49 mm

**AVT 3129 Zamek elektroniczny / immobilizer**

Zamek elektroniczny o licznych właściwościach funkcjonalnych, który można zastosować w sejfach, komputerach, samochodach, a także jako zamek przy drzwiach wejściowych do różnego rodzaju pomieszczeń

Wybrane parametry:

- możliwość zapamiętania do 15 kluczy (2 klucze w zestawie)
- praca w trzech trybach:
 - monostabilnym,
 - bistabilnym,
 - czasowym (z regulowanym czasem załączenia)
- świetlna sygnalizacja stanu pracy zamka
- wbudowany przekaźnik 230 V / 10 A
- zasilanie: 9...15 VDC / 100 mA
- pobór prądu w stanie czuwania: 6 mA
- wymiary płytki: 34x46 mm

**AVT 5186 Bezstykowy zamek RFID**

Zamek działa w oparciu o system RFID, w którym nie ma żadnych elementów stykowych, a kluczami są specjalne transpondery w postaci kart lub breloczków. Kod odczytywany jest bezprzewodowo, klucze wymagają jedynie zbliżenia w rejon anteny odbiorczej zamka.

Wybrane parametry:

- bezstykowe sterowanie zamkiem
- pamięć do 20 kluczy
- komunikacja z komputerem - interfejs RS232
- dwa tryby pracy - chwilowy (monostabilny) i przełączny (bistabilny)
- sygnalizacja stanu zamka - dźwiękowa i optyczna (dioda LED)
- wejście zasilania buforowego (akumulator)
- układ wyjściowy - przekaźnik 230 V / 8 A
- zasilanie: 9...12 VDC
- wymiary anteny: 80x55 mm
- wymiary płytki: 81x54 mm

**AVT 522 Immobilizer - miniaturowy zamek szfrowy**

Zamek współpracuje z pastylkami typu DS1990 jako kluczami. Każda pastylka posiada swój unikalny numer seryjny, który po zarejestrowaniu jest kodem dostępu lub może służyć do identyfikacji osób, umożliwiając na przykład otwarcie drzwi posiadaczowi uprawnionego klucza.

Wybrane parametry:

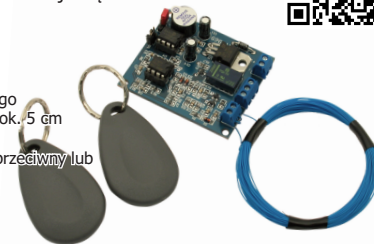
- możliwość zapamiętania do 15 kluczy (w zestawie 2 klucze)
- praca monostabilna, bistabilna lub czasowa z programowanym czasem aktywności wyjścia
- optyczna sygnalizacja stanu pracy zamka (LED)
- bezpośrednie sterowanie przekaźnikiem 12 V
- zasilanie: 5,5...15 VDC
- wymiary płytki: 20x16 mm

**AVT 969 Zamek RFID**

Moduł jako klucze wykorzystuje transpondery RFID. Identyfikacja odbywa się na podstawie unikatowego numeru seryjnego. Stan pracy sygnalizowany jest dźwiękowo. Idealnie nadaje się do otwierania drzwi bądź dezaktywacji central alarmowych.

Wybrane parametry:

- maksymalna liczba transponderów: 4
- identyfikacja na podstawie numeru seryjnego
- zasięg współpracy odbiornik - transponder ok. 5 cm
- układ wykonawczy: przekaźnik
- 2 tryby pracy: przekaźnik zmienia stan na przeciwny lub załączany jest na 10 s
- dźwiękowa sygnalizacja pracy
- zasilanie: 9...12 VDC
- wymiary płytki: 56x49 mm

**AVT MOD08 System bezstykowej kontroli dostępu**

Moduł działa w oparciu o system RFID, w którym kluczami są specjalne transpondery w postaci kart lub breloczków. Kod odczytywany jest bezprzewodowo, wymaga jedynie zbliżenia klucza do anteny odbiorczej.

Wybrane parametry:

- bezstykowe sterowanie zamkiem (elektrozaczepem)
- dodawanie lub usuwanie kart odbywa się przy pomocy specjalnej karty MASTER (bez ingerencji w urządzenie)
- pamięć do 49 kluczy (2 klucze w zestawie + karta MASTER)
- 2 tryby pracy przełączny (bistabilny) oraz impulsowy (monostabilny)
- odczyt kart z odległości około 8 cm.
- zasilanie: 12...15 VDC / 200 mA
- maksymalne obciążenie wyjścia modułu: 5 A / 230 VAC
- wymiary modułu: 60x85x23 mm

**AVT 1612 2-poziomowy alarm ostrzegający przed zalaniem**

Sygnalizator pozwala wykryć rozlaną wodę na podłodze lub zasignalizować jej pojawienie się w nadzorowanym miejscu. Konstrukcja układu pozwala na dwa sposoby sygnalizacji obecności wody – pierwszy uruchamia sygnał dźwiękowy, drugi – wbudowany przekaźnik (do sterowania np. pompą). Kolejność sygnalizacji jest dowolna i ustawiana długością elektrod przez użytkownika.

Wybrane parametry:

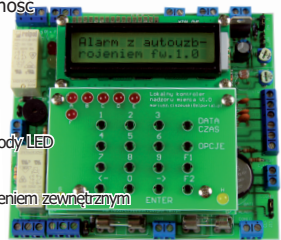
- sygnalizacja dwóch poziomów wody
- dźwiękowa sygnalizacja poziomu cieczy
- sygnalizacja zalania przełączeniem styków przekaźnika (230 V / 10 A)
- możliwość wykorzystania np. w domowym systemie osuszania piwnic
- dowolna kolejność sygnalizacji
- zasilanie 12 VDC
- wymiary płytki: 45x35 mm

**AVT 5252 Centralka alarmowa autouzbrajalna**

Centralka alarmowa wyposażona w linie wejściowe analogowe i cyfrowe, separowane zasilanie czujników, sygnalizatorów oraz wiele konfigurowalnych opcji. Centralka uaktywnia chronione obwody samoczynnie, o ustalonej godzinie, mierząc intensywność ruchu w pomieszczeniu oraz natężenie światła.

Wybrane parametry:

- wejścia: 3 linie analogowe oraz 3 linie cyfrowe
- wbudowane obwody antysabotażowe
- autouzbrajanie z możliwością konfiguracji przez użytkownika
- prezentacja trybu pracy - alfanumeryczny wyświetlacz LCD i diody LED
- wprowadzanie danych - klawiatura
- dwa obwody wykonawcze (przekaźniki)
- dodatkowy obwód wykonawczy mogący sterować np.: oświetleniem zewnętrznym
- zasilanie: 12 VDC
- wymiary płytek: baza 29x70 mm, klawiatura: 34x70 mm

**AVT 764 Czujnik wilgoci, uniwersalny sygnalizator**

Podstawowe zastosowanie to praca w roli czujnika wody, deszczu lub wilgoci. Specjalnie w tym celu przewidziano na części płytki czujnik z elektrodami w formie grzebienia. Fragment ten można łatwo odłamać i połączyć z resztą układu przewodami. Można też wykorzystać innego rodzaju elektrody, choćby dwa fragmenty drutu lub blaszki.

Wybrane parametry:

- sygnalizator reagujący na zwarcie elektrod czujnika
- sygnalizacja zwarcia - sygnał dźwiękowy
- pobór prądu w stanie czuwania < 1 uA
- zasilanie 3 VDC (bateria CR2032)
- wymiary płytki: 58x44 mm

