

Dokumentacja Bramy Automatycznej

Radosław Choma 236400

Karol Majewski 236429

Maj 2019

Spis treści

1	Wstęp	2
1.1	Funkcjonalność	2
1.2	Opis Działania	2
2	Komponenty	3
2.1	Mikrokontroler	3
2.2	Moduł Silnika	3
2.3	Fotokomórka	4
2.4	Czujnik krańcowy	5
2.5	Odbiornik Podczerwieni	5
2.6	Lampa sygnalizacyjna	5
2.7	Przełączniki naciskowe	6
3	Plan Systemu	6
3.1	Diagram Klas	6
3.2	Schemat Komunikacji	7
4	Opis Stanów	8
4.1	Spoczynek	9
4.2	Otwieranie	10
4.3	Zamykanie	10
4.4	Wprowadzanie Pilota Zdalnego Sterowania	11
4.5	Usuwanie Pilotów Zdalnego Sterowania	11

1 Wstęp

Tematem niniejszej dokumentacji jest system wbudowany do automatycznej bramy przesuwnej, który odpowiedzialny jest za otwieranie oraz zamykanie bramy za pomocą zdalnego pilota. System gwarantuje wygodę użytkowania, bezpieczeństwo oraz niezawodność.

1.1 Funkcjonalność

- Sterowanie bramą za pomocą pilota
- Otwieranie oraz zamykanie bramy
- Zatrzymywanie bramy w wybranym momencie (funkcja furtki dla pieszych)
- Wykrywanie przeszkód na drodze zamykanej bramy i podejmowanie odpowiednich przeciwdziałań
- Sygnalizowanie wykonywanego działania za pomocą lampy
- Parowanie nowych pilotów oraz usuwanie już sparowanych

1.2 Opis Działania

Po wciśnięciu przycisku na pilocie wysyłany jest z niego sygnał w postaci fal podczerwonych, który może zostać przechwycony przez odbiornik, o ile znajduje się w zasięgu. Po odebraniu sygnału odbiornik przetwarza sygnał analogowy na sygnał cyfrowy i przekazuje go do mikrokontrolera, który sprawdza, czy sygnał pochodzi od sparowanego pilota.

Mikrokontroler po otrzymaniu poprawnego sygnału podejmuje decyzję o tym, co powinien zrobić system w zależności od stanu, w jakim się znajduje: jeżeli brama jest zamknięta, to zacznie się otwierać; jeżeli brama jest otwarta to zacznie się zamykać; jeżeli brama się otwiera lub zamyka, to zatrzyma się. Dzięki temu można zarówno otworzyć bramę całkowicie, aby mógł przejechać przez nią samochód, jak i otworzyć ją jedynie trochę, aby zapewnić przejście dla pieszego. Otwieranie i zamykanie bramy sygnalizuje lampa poprzez miganie.

Jeżeli podczas zamykania bramy na jej drodze pojawi się przeszkoda, np. w postaci człowieka, zwierzęcia lub samochodu, system zareaguje na to wydarzenie i zmieni kierunek ruchu bramy. Takie rozwiązanie ma zapewnić maksymalne bezpieczeństwo dla użytkownika.

System zapewnia też możliwość dodawania pilotów, które mogą sterować bramą, jak i ich usuwanie. W tym celu należy otworzyć drzwi obudowy specjalnym kluczem fizycznym, a następnie nacisnąć wybrany przycisk. Przycisk "Reset" spowoduje, że system przestanie reagować na jakikolwiek pilot. Aby dodać pilot, który będzie mógł sterować systemem należy nacisnąć "Parowanie", a następnie w ciągu 10 sekund nacisnąć przycisk na wybranym pilocie. W ten sposób pilot zostanie sparowany i

będzie mógł sterować bramą. Jeśli w ciągu 10 sekund system nie otrzyma żadnego sygnału to powróci to domyślnego stanu i należy nacisnąć "Parowanie" ponownie, by powiązać nowy pilot.

2 Komponenty

W tym rozdziale wylistowane zostały najważniejsze podzespoły, z których składa się opisywany tutaj system. W każdym podrozdziale znajduje się opis działania danego komponentu, wraz z interakcjami w jakie wchodzi z pozostałymi elementami systemu.

2.1 Mikrokontroler

Dane Techniczne	
Architektura	8-bitowa
Maksymalna częstotliwość CPU	20 MHz
Pamięć programu	MROM (14 kB)
Pamięć EEPROM	512 B
RAM	SRAM (1 kB)
PINy	30
Transmisja danych	SPI, UART, I2C

Opis: Głównym zadaniem mikrokontrolera jest sterowanie szybkością oraz kierunkiem przesuwania się bramy. Ponadto, zajmuje się on weryfikacją, zakodowanych cyfrowo, częstotliwości transmitowanych (bezpośrednio do mikrokontrolera) przez odbiornik podczerwieni. Mikrokontroler może również przejść w stan powiązywania urządzeń (pilotów na podczerwień) lub stan ich usuwania z puli pilotów mających dostęp.

Wybrany kontroler, jako pamięć programu wykorzystuje pamięć typu MROM. Ta pozwala na zmniejszenie kosztów i zajętego miejsca (fizycznego) za cenę braku możliwości wielokrotnego programowania mikrokontrolera. Jednakże, w przypadku tego projektu zmienne środowiskowe są wystarczająco przewidywalne, aby zastosować stałe, wbudowane rozwiązania.

2.2 Moduł Silnika

Opis: Moduł silnik składa się z układu prostowniczego, zasilania oraz silnika. Jest on odpowiedzialny za przesuwanie bramy w obie strony. Aby było to możliwe, podłączony do zasilania 230 V prostownik zamienia prąd zmienny na prąd stały 24 V, który zasila silnik. Dzięki zasilaniu silnika prądem stałym możliwa jest zmiana jego kierunku działania poprzez zmianę polaryzacji, której dokonuje się przez dostarczenie sygnału do jednego z dwóch przekaźników. Przekaźniki są sterowane przez mikrokontroler niebezpośrednio, aby zapobiec jego spaleniu. Silnik będzie działał tylko wtedy,

Dane Techniczne	
Max ciężar bramy	600 kg
Bezpiecznik	10 A
Prędkość obrotowa koła zębatego	46,6 obr/min
Prędkość obrotowa silnika	1400 obr/min
Moc silnika	370W
Temperatura pracy	od -45 °C do 55 °C
Zasilanie	230 V / 24 V (DC)

gdy tylko jeden z przekaźników będzie aktywny i będzie obracał się w kierunku zależnym od tego, który z dwóch przekaźników jest aktywny.

W celu sterowania szybkością obrotu silnika, a co za tym idzie — szybkością rozsuwania się bramy, użyta została technika modulacja szerokości impulsów (PWM - Pulse-Width Modulation). Polega ona na sterowaniu wypełnieniem sygnału, tzn. stosunkiem czasu gdy sygnał ma wysoki potencjał, do czasu gdy potencjał jest zerowy.

2.3 Fotokomórka

Dane Techniczne	
Napięcie zasilania	od 12 V do 24 V DC/AC
Długość emitowanej fali	850 nm
Częstotliwość sygnału	1,92 kHz
Odległość maksymalna dla 12 V	10 m
Odległość maksymalna dla 24 V	25 m
Temperatura pracy	od -20 °C do +70 °C

Opis: Celem zastosowania fotokomórki jest zapewnienie bezpieczeństwa podczas zamykania bramy. Należące do zestawu nadajnik oraz odbiornik światła podczerwonego umieszczone tuż przy bramie, po obu jej końcach tworzą swojego rodzaju niewidzialną barierę. Jeśli na skutek przekroczenia jej przez człowieka, zwierzę lub pojazd, światło z nadajnika nie dotrze do odbiornika, natychmiast wysyłany jest sygnał do mikrokontrolera, który następnie podejmuje odpowiednią decyzję, np. zatrzymanie silnika lub zmiana jego kierunku działania (otwieranie bramy).

2.4 Czujnik krańcowy

Dane Techniczne	
Maksymalne napięcie	250 V
Maksymalne natężenie	5 A

Opis: Zadaniem czujników krańcowych jest informowanie o tym, że brama znajduje się w punkcie maksymalnego wychylenia, tzn. jest całkowicie zamknięta lub całkowicie otwarta. Kiedy podczas przesuwania się brama aktywuje jeden z dwóch czujników, natychmiast wyśle on impuls do mikrokontrolera, który zatrzyma silnik poruszający bramą.

2.5 Odbiornik Podczerwieni

Dane Techniczne	
Efektywny kąt odbierania sygnału	90°
Zasięg	do 10 m
Zasilanie	3-5 V
Odbierana częstotliwość	38 kHz
Interfejs (wyjście)	cyfrowe

Opis: Odbiornik służy do odbierania fal podczerwonych w celu komunikacji z użytkownikiem (pilot). Posiada on wbudowany moduł PCM (Pulse-Code Modulation), który przetwarza sygnał analogowy na sygnał cyfrowy. Ten drugi jest następnie wysyłany do mikrokontrolera w reprezentacji heksadecymalnej, aby sprawdzić czy urządzenia są sparowane.

2.6 Lampa sygnalizacyjna

Dane Techniczne	
Rodzaj	LED
Zasilanie	230 V / 24 V (DC)

Opis: Zadaniem lampy sygnalizacyjnej jest informowanie, w jakim stanie aktualnie znajduje się system. W przypadku, gdy silnik aktualnie zamyka lub otwiera bramę, lampa będzie migać, sygnalizując tym samym wykonywanie zadania i ostrzegając przed zbliżaniem się do niej w celu zapobiegnięcia zagrożenia zdrowia. Natomiast w przypadku, gdy system znajduje się w stanie spoczynku, lampa pozostaje zgaszona.

2.7 Przełączniki naciskowe

Dane Techniczne	
Max.napięcie	250 V
Max.natężenie	1 A

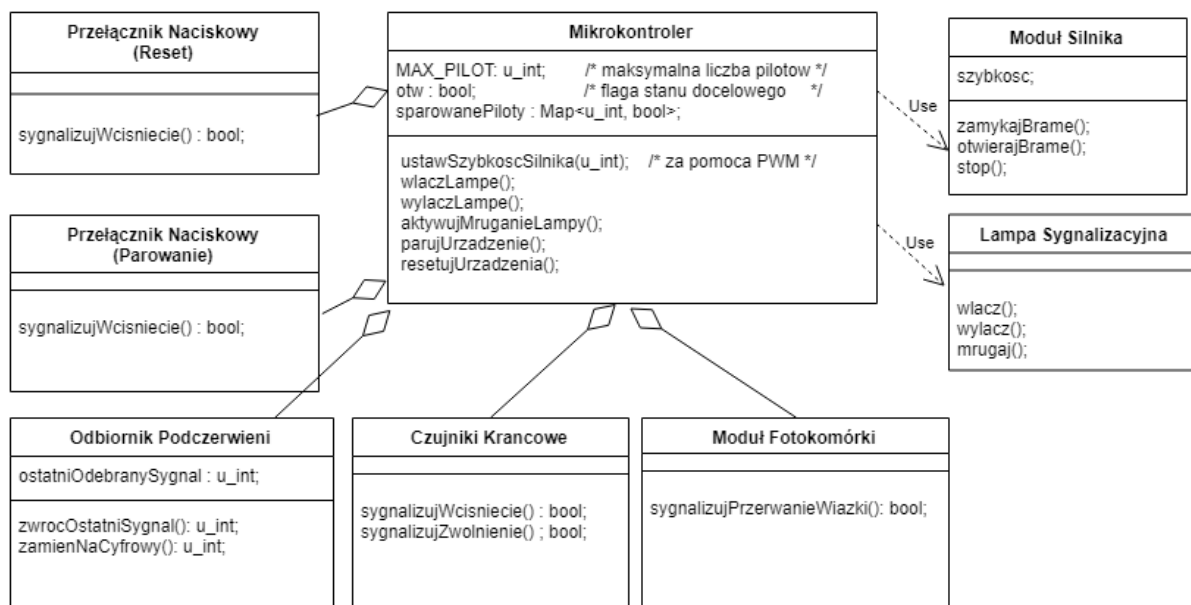
Opis: Dwa przełączniki naciskowe zabezpieczone fizycznym kluczem wewnątrz obudowy systemu, których celem jest wydanie systemowi rozkazów:

- Przejdź w tryb parowania - tryb nadający danemu transponderowi możliwość sterowania bramą
- Przejdź w tryb resetowania - tryb usuwający, dotychczasowo zapamiętane piloty, z bazy urządzeń sparowanych.

3 Plan Systemu

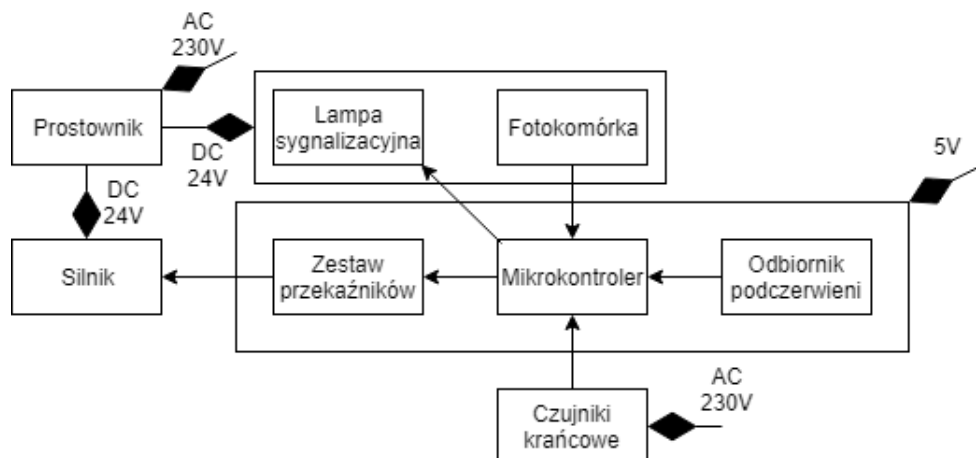
Ten rozdział opisuje schematy połączeń wszystkich komponentów oraz ich interakcje w różnych klasach abstrakcji.

3.1 Diagram Klas



Powyższy diagram prezentuje poziom abstrakcji, dzielący system na moduły w zależności od ich funkcjonalności. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nie istnieje na nim granica między funkcjonalnością zapewnioną przez oprogramowanie (np. `resetujUrządzenia()`), a funkcjonalnością zapewnioną sprzętowo (np. `zamienNaCyfrowy()`).

3.2 Schemat Komunikacji

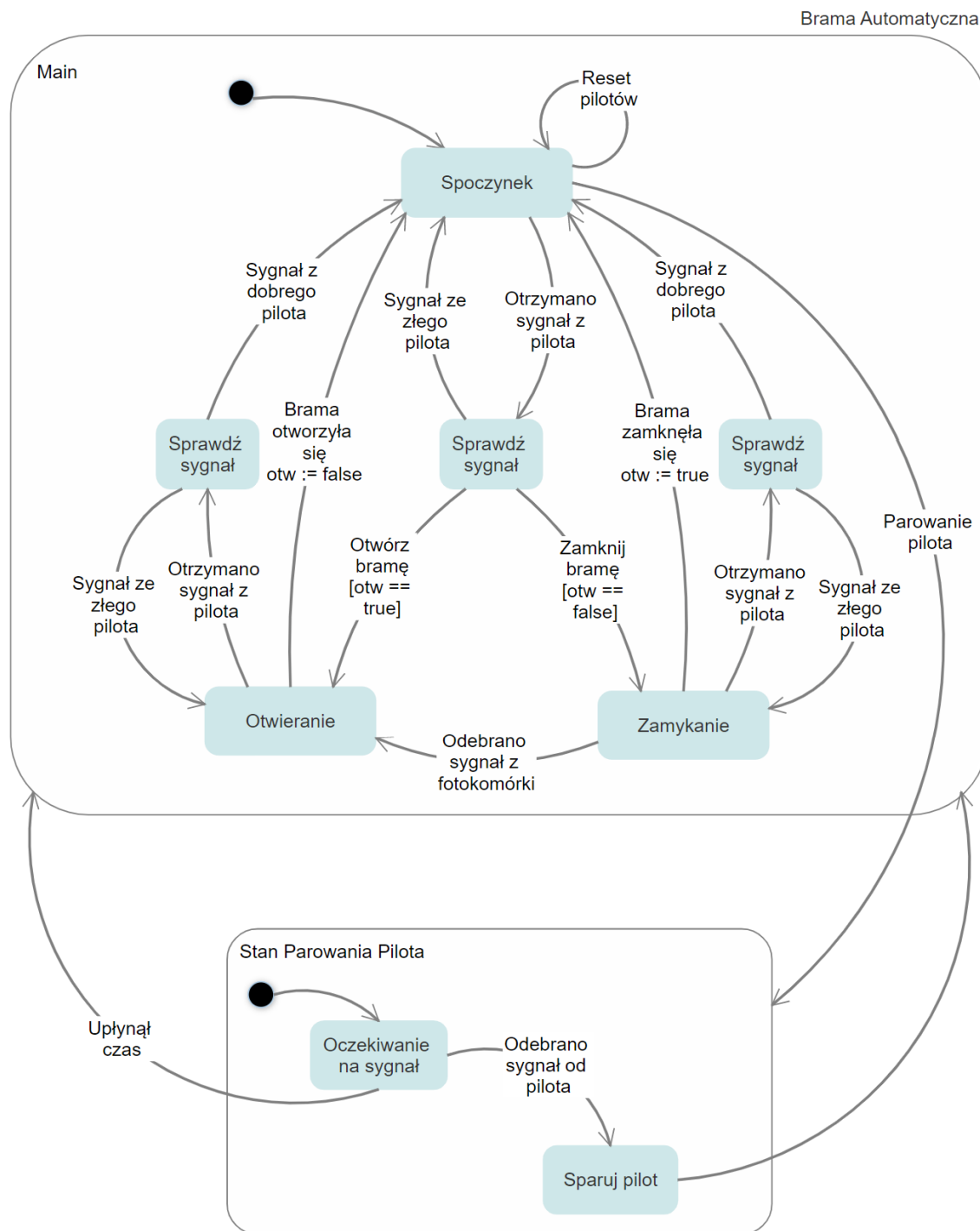


Powyższy schemat prezentuje sposób komunikacji pomiędzy komponentami.

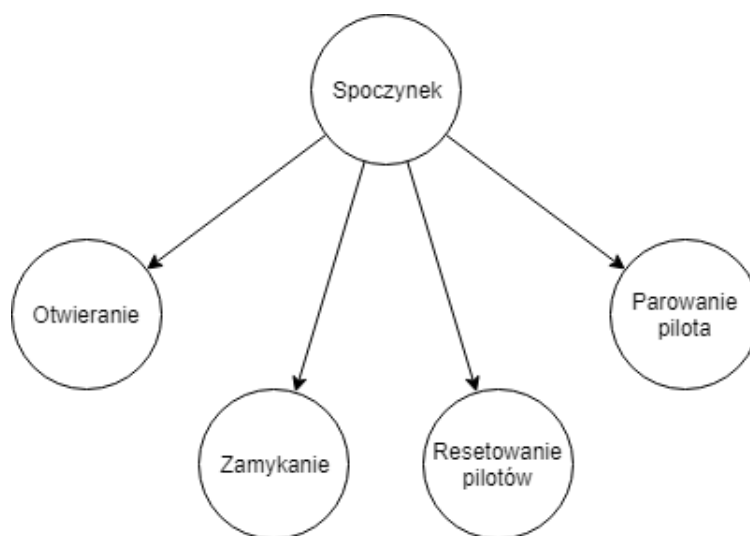
- Odbiornik podczerwieni - zasilany jest napięciem 5V, odbiera sygnał analogowy od pilotów i po przetworzeniu go na cyfrowy przekazuje do mikrokontrolera.
- Mikrokontroler - zasilany jest napięciem 5V. Odbiera sygnały od fotokomórki, odbiornika podczerwieni oraz czujników krańcowych i na ich podstawie podejmuje decyzje, by następnie sterować lampą sygnalizacyjną poprzez przerwanie oraz zestawem przekaźników.
- Zestaw przekaźników - sterowany przez mikrokontroler wpływa na działanie silnika.
- Czujniki krańcowe - zasilane prądem zmiennym 230V, informują mikrokontroler o zmianie ich stanu, tj. czy brama jest już całkowicie otwarta lub całkowicie zamknięta.
- Prostownik - przyjmuje prąd zmienny o napięciu 230V i przemienia go na prąd stały 24V, którym zasilą silnik, lampę sygnalizacyjną oraz fotokomórkę.
- Silnik - zasilany prądem stałym 24V, dzięki czemu przekaźniki mogą wpływać na jego działanie: kiedy tylko jeden z nich jest zasilany, to silnik obraca się w kierunku zależnym od tego, który przekaźnik jest aktywny.
- Lampa sygnalizacyjna - zasilana napięciem 24V, steruje nią mikrokontroler za pomocą przerwania.
- Fotokomórka - Zasilana napięciem 24V, informuje mikrokontroler, jeśli światło z nadajnika nie dotarło do odbiornika, tj. na linii bramy pojawiła się przeszkoda.

4 Opis Stanów

W tym rozdziale opisane zostały stany, w jakich system może się znaleźć oraz mechanizmy przejść pomiędzy nimi. W poszczególnych podrozdziałach można znaleźć szczegółowy opis danego stanu, natomiast na poniższym rysunku zaprezentowany jest schemat stanów w postaci deterministycznego automatu:



4.1 Spoczynek



System domyślnie znajduje się w stanie spoczynku. W tym stanie silnik nie działa, więc brama stoi w miejscu. Mikrokontroler nieustannie sprawdza, czy otrzymał sygnał od któregoś z pozostałych komponentów. W ten sposób ze stanu spoczynku możemy przejść do innych stanów.

Jeżeli użytkownik nacisnął przycisk na pilocie, to wyśle on sygnał w postaci fal podczerwonych. Odbiornik podczerwieni przechwyci ten sygnał, o ile znajduje się w odpowiednim zasięgu. Następnie przetworzy sygnał analogowy na sygnał cyfrowy i wyśle go do mikrokontrolera, gdzie zostanie zweryfikowany, tzn. mikrokontroler sprawdzi, czy pilot, który wysłał sygnał, jest sparowany z systemem. Jeśli pilot jest sparowany, to mikrokontroler na podstawie zapamiętanej informacji w postaci flagi stanu docelowego typu logicznego, nazwanej "otw", podejmie decyzję o tym, w jaki stan ma przejść:

- stan otwierania - jeśli zmienna "otw" przyjmuje wartość prawdy, czyli przed stanem spoczynku brama znajdowała się w stanie zamykania
- stanu zamykania - jeśli zmienna "otw" przyjmuje wartość fałszu, czyli przed stanem spoczynku brama znajdowała się w stanie otwierania

Inną możliwością zmiany stanu systemu jest naciśnięcie jednego z przycisków umieszczonych w obudowie jednostki centralnej, które są zabezpieczone zamknięciem na klucz fizyczny:

- stan parowania - naciśnięcie przycisku "Parowanie"
- stan resetowania - naciśnięcie przycisku "Reset"

4.2 Otwieranie

W stanie otwierania brama otwiera się, a lampa sygnalizacyjna miga. Mikrokontroler zarządza tym, by silnik obracał się w takim kierunku, by brama się otwierała poprzez zapewnienie jednemu z przekaźników sterujących silnikiem zasilania. W ten sposób kontrolowany jest kierunek przesuwania bramy. Sterowanie szybkością obrotu silnika zapewnia zastosowanie techniki modulacji szerokości impulsów (PWM). Brama przesuwa się ze stałą prędkością przez większość czasu, ale kiedy zbliża się do czujnika krańcowego, mikrokontroler zmniejsza jej prędkość. O tym, że brama jest bliska otwarcia, mikrokontroler wie, dzięki kalibracji, która powinna nastąpić podczas instalacji systemu. Kalibracja polega na zmierzeniu czasu otwierania bramy. Znając całkowity czas otwierania mikrokontroler jest w stanie stwierdzić, kiedy brama jest bliska otwarcia.

Z tego stanu system może przejść w następujący stan:

- stan spoczynku

Mikrokontroler doprowadzi system do tego stanu, jeśli odbierze jeden z następujących sygnałów:

- sygnał całkowitego otworzenia bramy wysłany przez jeden z czujników krańcowych, kiedy otwierana brama go aktywuje
- sygnał ze sparowanego pilota (weryfikacja jak wcześniej)

Podczas tego stanu lampa sygnalizacyjna cały czas miga, co mikrokontroler obsługuje przez przerwania.

4.3 Zamykanie

W stanie zamykania brama zamyka się, a lampa sygnalizacyjna miga. Stan ten jest analogiczny do stanu otwierania, ale w tym wypadku zasilany jest ten drugi przekaźnik. Lampa sygnalizacyjna obsługiwana jest w ten sam sposób, jak w stanie otwierania.

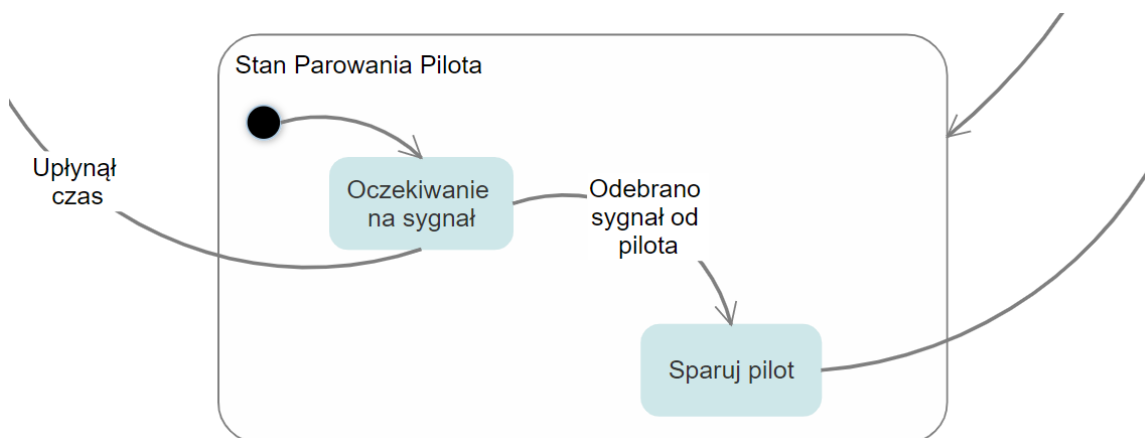
Ze stanu zamykania system może przejść w następujące stany:

- stan spoczynku - poprzez odebranie sygnału od sparowanego pilota (jak w stanie otwierania) lub otrzymaniu sygnału od czujnika krańcowego (analogicznie, jak w stanie otwierania)
- stan otwierania - jeśli mikrokontroler otrzyma sygnał od fotokomórki. Taka sytuacja oznacza, że na drodze zamykanej bramy pojawiła się przeszkoda i ze względów bezpieczeństwa system natychmiast przejdzie do stanu otwierania.

4.4 Wprowadzanie Pilota Zdalnego Sterowania

System może przejść w stan parowania z urządzeniem tylko ze stanu spoczynku, tzn. gdy brama nie porusza się. Taka decyzja została podjęta ze względów bezpieczeństwa, tj. jeśli któryś z czujników uległby awarii, system nie mógłby zostać wyłączony zdalnie. Oczywiście, istnieje opcja fizycznego wyłączenia zasilania, jednakże w sytuacjach zagrażających zdrowiu bardzo ważny jest jak najkrótszy czas reakcji.

W stanie parowania, mikrokontroler uruchamia lampę, która świeci, aż parowanie zakończy się. W następnym kroku uruchamia wbudowany "timmer" i przez ustalony czas (10 sekund) oczekuje na cyfrowo zapisany kod urządzenia. Ponieważ, pula możliwych kodów (ID) jest ograniczona pamięciowo i fizycznie, parowanie polega na ustawianiu flagi 'true' lub 'false' w mapie (*kod, flaga*). Zatem jest to operacja, której złożoność jest stała.



Jak widać, na podstawie powyższego diagramu, z tego stanu system może przejść jedynie w stan spoczynku, ale na dwa sposoby:

- Gdy pilot został poprawnie sparowany. (W tym przypadku lampa zacznie migać przez 3 sekundy, a następnie zgaśnie. Przy czym, pilot jest uznawany za poprawnie sparowany, nawet jeśli był już w "bazie".)
- Gdy użytkownik nie aktywuje swojego pilota (nie wyśle nim sygnału) przez 10 sekund po zaświeceniu się lampy. (Na koniec lampa gaśnie bez mruganie.)

4.5 Usuwanie Pilotów Zdalnego Sterowania

System może przejść w ten stan jedynie ze stanu spoczynku, co jest spowodowane względami bezpieczeństwa, które zostały opisane w poprzednim podrozdziale (4.4 *Wprowadzanie Pilota Zdalnego Sterowania*).

Sam proces aktywowania jest, gdy użytkownik wciśnie, specjalny przycisk resetowania znajdujący się wewnątrz obudowy. Jeśli system był wcześniej w stanie spoczynku, zapalana jest lampa oraz rozpoczyna się operacja usuwania. Polega ona na ustawieniu flag wszystkich pilotów na "false", jest to, więc proces najbardziej czasochłonny ($O(n)$), jednak przy tak ograniczonej puli nadajników, liniowa złożoność

staje się niewielką stałą (maksymalna liczba pilotów 'n' jest określona z góry i nie przekracza rzędu dziesiątek).

Podobnie jak w przypadku parowania pilota ze stanu resetowania można przejść jedynie w stan spoczynku, co sygnalizuje kilka mrugnięć lampy, a następnie jej zgaśnięcie.