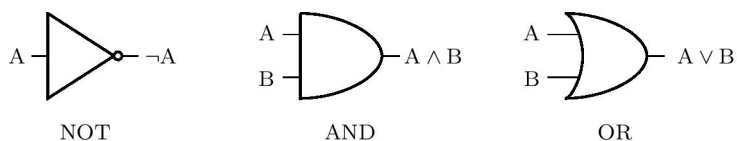


Obwody logiczne

Keywords: podstawy matematyki, twierdzenia, logika

Które zakłucie może włączyć właściwy wskaźnik świetlny w przeciążonej windzie, przygotować poma-
rańczowy napój gazowany poprzez naciśnięcie przycisku na automacie, wyłączyć światła w korytarzu
domu po kilku minutach, lub przesunąć postać na ekranie komputera? Te i wiele innych rzeczywistych
czynności jest obsługiwanych przez układy logiczne, które omówimy bardziej szczegółowo w poniższej
serii problemów.

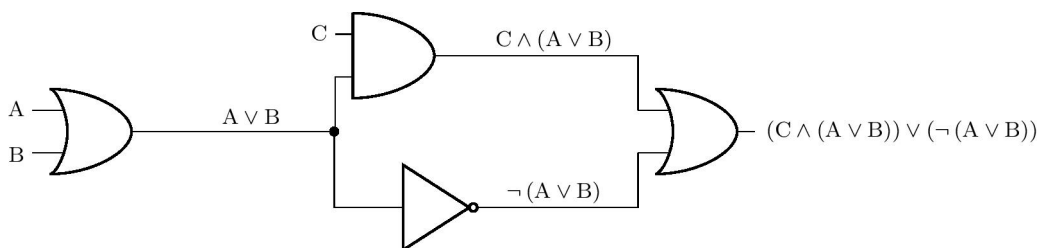
Obwody logiczne składają się z tak zwanych bramek logicznych, które implementują operacje logiczne.
W ćwiczeniach będziemy pracować tylko z trzema podstawowymi bramkami logicznymi, a mianowicie
NOT (negacja), AND (koniunkcja) i OR (dysjunkcja). Rysunek przedstawia ich odpowiednie symbole
(zgodnie z amerykańskim standardem ANSI/MIL) w obwodach logicznych. Są one zorientowane tak,
że kierunek wejścia jest z lewej strony. Wejścia są rozumiane jako instrukcje, podczas gdy wyjścia są
instrukcjami złożonymi.



Rysunek 1: Symbole bramek logicznych

Wartości prawdy są implementowane w obwodach logicznych za pomocą napięcia. Niskie napięcie wska-
zuje wartość prawdy 0, podczas gdy wysoki poziom napięcia wskazuje wartość 1. Na przykład, jeśli
bramka AND ma niski poziom napięcia na wejściu A i wysoki poziom napięcia na wejściu B, wyjściem
jest poziom niskiego napięcia. Konkretnie wartości poziomów różnią się w zależności od konkretnego
zastosowania obwodu. Niski poziom około 0 V i wysoki poziom około 5 V są powszechne.

Na kolejnym rysunku widzimy reprezentację bardziej złożonego obwodu logicznego. Dla przejrzystości,
rysunek pokazuje również sekwencyjne łączenie instrukcji, które odpowiadają wejściom lub wyjściom
poszczególnych bramek. Czarna kropka wskazuje węzeł, w którym obwód logiczny rozgałęzia się. W ten
sposób wyjście jednej bramki może być doprowadzone do wielu wejść w tym samym czasie.

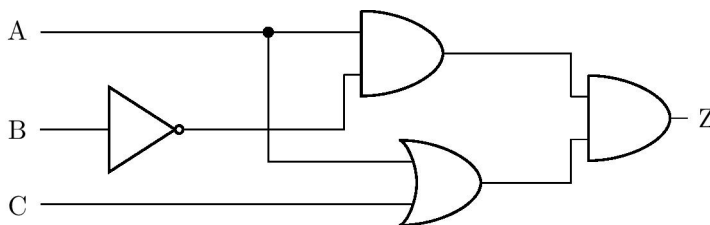


Rysunek 2: Przykład obwodu logicznego

W poniższych ćwiczeniach przełączniki lub przyciski można umieścić przed wejściami, a żarówki mogą być
umieszczone za wyjściami obwodu logicznego. Przyjmijmy, że wartość logiczna na wejściu jest równa 1
wtedy i tylko wtedy, gdy przełącznik jest włączony lub przycisk jest naciśnięty. Podobnie, żarówka zapala
się wtedy i tylko wtedy, gdy na odpowiednim wyjściu jest wartość logiczna 1.

Zadanie 1. W obwodzie przedstawionym na poprzednim rysunku przed wejściami A, B i C znajdują się przełączniki, a do wyjścia podłączona jest żarówka. Jeśli przełącznik C nie jest włączony, w jakiej pozycji muszą znajdować się przełączniki A i B, aby żarówka się zaświeciła?

Zadanie 2. Obwód logiczny pokazany na poniższym rysunku ma przełączniki na wejściach A, B i C oraz żarówkę na wyjściu Z. Które przełączniki muszą być włączone, aby żarówka się zaświeciła? Znajdź wszystkie rozwiązania zadania. Jeśli przewody przecinają się na schemacie bez pokazania węzła, zakłada się, że nie ma rzeczywistego kontaktu między przewodami.



Rysunek 3: Przypisy do zadania 2

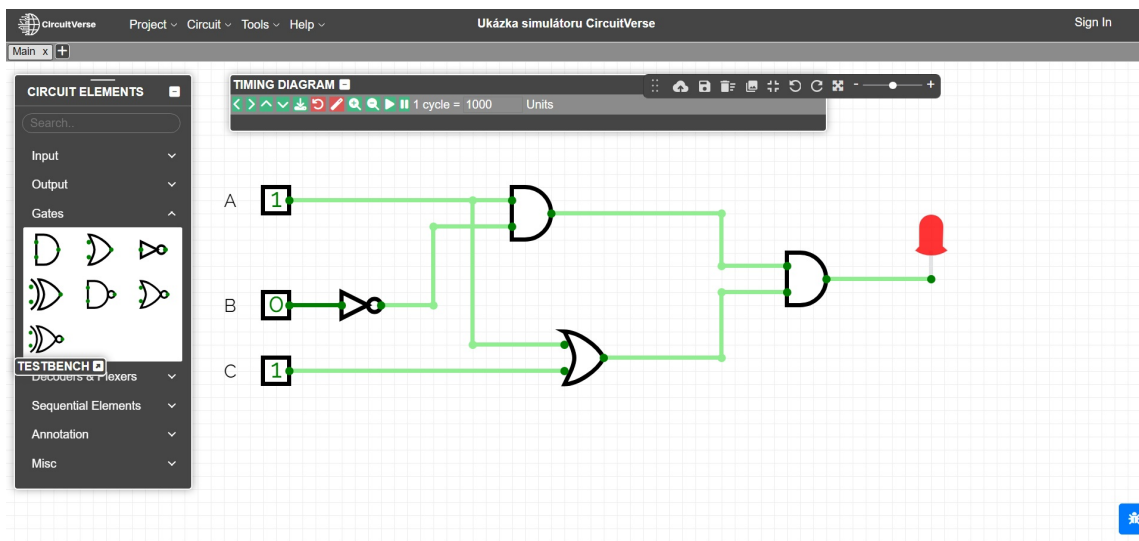
Zadanie 3. Zaprojektuj obwód logiczny, który w przypadku awarii jednej z dwóch pomp wodnych (lub obu) zapali lampkę ostrzegawczą na wyjściu obwodu. Dopóki pompa działa, wysyła sygnał odpowiadający logicznej jedynce do jednego z dwóch wejść obwodu.

Zadanie 4. Zmodyfikuj urządzenie ostrzegawcze z poprzedniego ćwiczenia. Czerwone i zielone światła zostaną teraz podłączone do dwóch wyjść. Jeśli obie pompy działają, świeci się zielona kontrolka, a czerwona kontrolka jest wyłączona. Jeśli jedna z pomp ulegnie awarii, zapali się również czerwona lampka, a jeśli obie pompy ulegną awarii, świeci się tylko czerwona dioda. Zaprojektuj odpowiedni obwód logiczny.

Zadanie 5. Zaprojektuj obwód logiczny z dwoma wejściami i jednym wyjściem, który wykonuje równoważność logiczną. Rozwiązanie.* Aby skonstruować obwód, musimy znaleźć równoważne $A \Leftrightarrow B$ z tą samą tabelą prawdy, która zawiera tylko spójniki lub negacje.

Zadanie 6. Po naciśnięciu odpowiedniego przycisku ekspres może przygotować trzy rodzaje napojów: lungo, macchiato i kakao. Napoje przygotowywane są poprzez zmieszanie czterech składników (gorącej wody, mleka, kawy i koncentratu kakaowego). Każdy składnik ma własną dyszę. Zaprojektuj obwód logiczny z trzema wejściami (po jednym dla każdego napoju) i czterema wyjściami (po jednym dla każdego zaworu dyszy), biorąc pod uwagę, że lungo jest przygotowywane z wody i koncentratu kawy, macchiato z wody, mleka i koncentratu kawy, a kakao z wody i koncentratu kakao. Dla uproszczenia założmy, że nikt nie myśli o naciskaniu wielu przycisków w tym samym czasie, więc nie trzeba zajmować się takimi przypadkami. Składnik jest uwalniany do kubka dokładnie wtedy, gdy na odpowiednim wyjściu pojawi się logiczna jedynka.

Wszystkie wspomniane ćwiczenia można zilustrować na różnych symulatorach obwodów logicznych, np. symulatorze online CircuitVerse. Na ostatnim rysunku obwód z ćwiczenia 2 jest modelowany za pomocą tego symulatora. Możliwe jest również użycie specjalistycznych zestawów elektronicznych do ilustracji.



Rysunek 4: Środowisko symulatora online CircuitVerse

Literatura

- Perrin J. P., Denouette M., Daclin E. *Logické systémy, díl I. Kombinační logické obvody. Úvod do sekvenčních obvodů*. Praha: SNTL. 1972
- *Online simulátor CircuitVerse*, <https://circuitverse.org/simulator>