

Ćwiczenia laboratoryjne z Logiki Układów Cyfrowych

ćwiczenie 211

Temat: Hardware'owa realizacja automatu z parametrem wewnętrznym

1. Synteza strukturalna automatu z parametrem wewnętrznym

Punktem wyjścia syntezy strukturalnej automatu z parametrem wewnętrznym $\langle A' \rangle$ (równoważnego zadanemu automatowi Moore'a $\langle A \rangle$) są funkcje przejść automatów składowych $\langle B \rangle$ i $\langle E \rangle$. Wynikiem syntezy będą struktury logiczne tych automatów jako układy sekwencyjne zbudowane z bramek i przerzutników. Załóżmy, że jako rezultat komputerowej syntezy uzyskano następujące wyrażenia symboliczne $G^{'+}$ i $\tilde{G}^{'+}$:

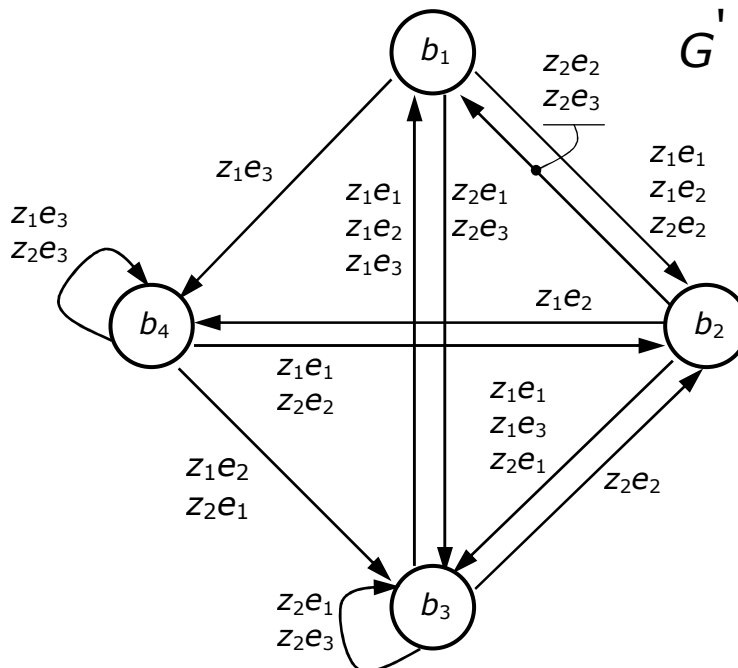
$$G^{'+} = {}^0(b_4^1(z_1e_1b_2^2(z_1e_1b_3^3(z_1e_1b_1^4(z_1e_1b_2, z_1e_2b_2, z_2e_2b_2, z_2e_1b_3, z_2e_3b_3, z_1e_3b_4)^4, \quad (1)$$

$$z_1e_2b_1, z_1e_3b_1, z_2e_2b_2, z_2e_1b_3, z_2e_3b_3)^3, z_1e_3b_3, z_2e_1b_3, z_2e_2b_1, z_2e_3b_1, z_1e_2b_4)^2,$$

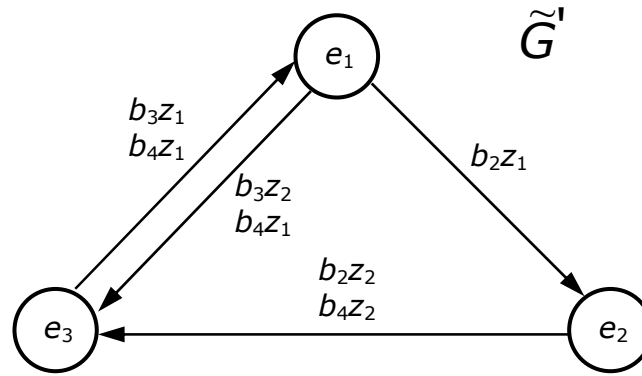
$$z_2e_2b_2, z_1e_2b_3, z_2e_1b_3, z_1e_3b_4, z_2e_3b_4)^1)^0$$

$$\tilde{G}^{'+} = {}^0(e_1^1(b_3z_2e_3^2(b_3z_1e_1, b_4z_1e_1)^2, b_2z_1e_2^2(b_2z_2e_3, b_4z_2e_3)^2, b_4z_1e_3)^1)^0 \quad (2)$$

Grafy przejść G' i \tilde{G}' automatów $\langle B \rangle$ i $\langle A \rangle$, narysowane na podstawie wyrażzeń (1) i (2), przedstawione zostały na rys. 1 i 2.



Rys. 1. Graf G' jako graf przejść automatu $\langle B \rangle$



Rys. 2. Graf \tilde{G} jako graf przejść automatu $\langle E \rangle$

W celu określenia struktury logicznej automatu $\langle A' \rangle$, wyrażenia $G^{'+}$ (1) i $\tilde{G}^{'+}$ (2) są porządkowane, tak aby za danym nawiasem otwierającym b_r^k (lub e_j^k) znalazły się wszystkie elementy reprezentujące krawędzie wychodzące z danego wierzchołka b_r , lub e_j . W wyniku takiego uporządkowania otrzymuje się wyrażenia symboliczne $G^{'+\dagger}$ i $\tilde{G}^{'+\dagger}$. Z kolei wyrażenia te przekształcane są do takiej postaci $G^{'+**}$ i $\tilde{G}^{'+**}$, która jednoznacznie określałaby strukturę logiczną automatów $\langle B \rangle$ i $\langle E \rangle$.

Dla zilustrowania takiego przekształcenia rozpatrzmy początkowy fragment wyrażenia $G^{'+\dagger}$ (otrzymany z wyrażenia $G^{'+}$ (1)).

$$G^{'+\dagger} = {}^0(b_4^1(z_1 e_2 b_3, z_2 e_1 b_3, z_1 e_3 b_4, z_2 e_3 b_4, z_1 e_1 b_2, z_2 e_2 b_2^2) \dots \quad (3)$$

W celu jednoznacznego określenia tej części struktury logicznej automatu $\langle B \rangle$, która reprezentuje wszystkie możliwe połączenia przerzutnika b_4 z innymi przerzutnikami wyrażenie $G^{'+\dagger}$ (3) przekształcone zostanie do postaci $G^{'+**}$ (4).

$$G^{'+**} = {}^0(\mathbf{b}_4^1(\{[[b_4 z_1] e_2], [[b_4 z_2] e_1]\} \mathbf{b}_3, \{[[b_4 z_1] e_3], [[b_4 z_2] e_3]\} \mathbf{b}_4, \{[[b_4 z_1] e_1], [b_4 z_2] e_2]\} \mathbf{b}_2^2) \dots \quad (4)$$

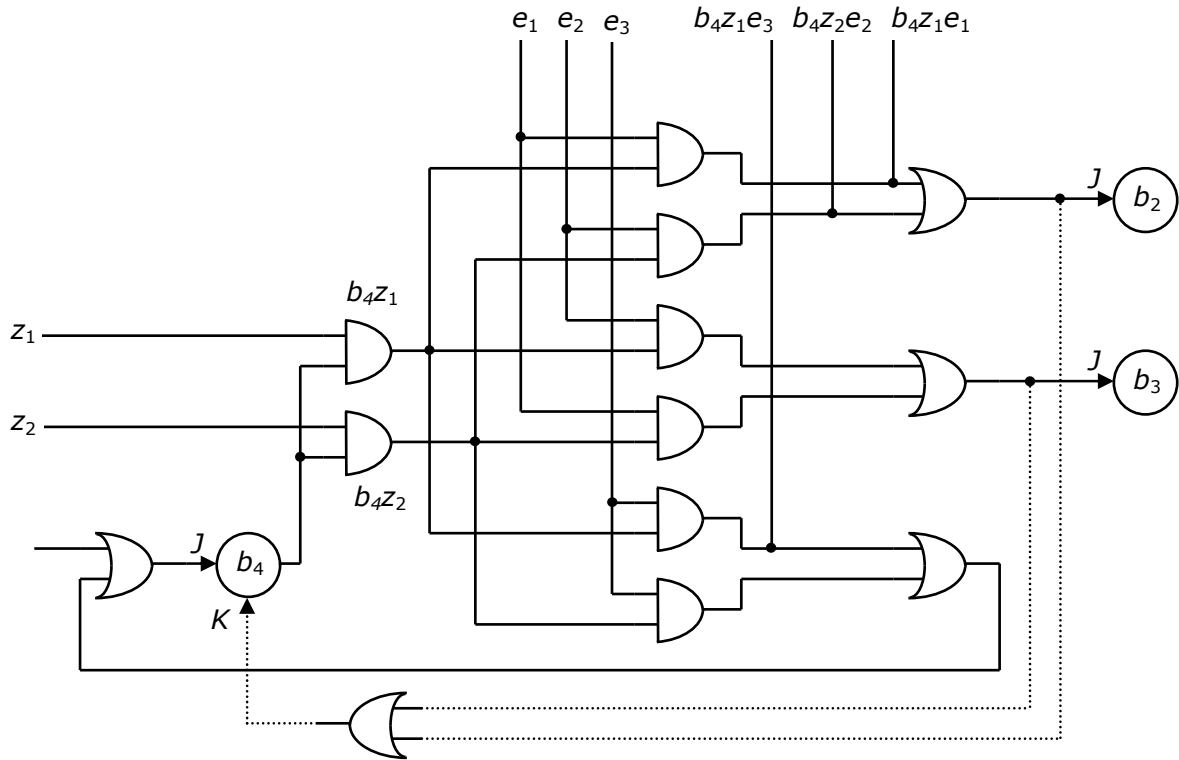
W wyrażeniu $G^{'+**}$ symbole pogrubione \mathbf{b}_2 , \mathbf{b}_3 i \mathbf{b}_4 oznaczają przerzutniki, natomiast symbol b_4 bez pogrubienia oznacza sygnał generowany przez przerzutnik b_4 . Ponadto dowolna para nawiasów prostokątnych [...] oznacza bramkę AND a dowolna para nawiasów klamrowych { ... } bramkę OR.

Na podstawie wyrażenia $G^{'+**}$ (4) można narysować schemat logiczny tej części struktury automatu $\langle B \rangle$, która realizuje wszystkie przejścia tego automatu ze stanu b_4 do pozostałych stanów czyli b_2 i b_3 (w tym przypadku nie ma przejścia do stanu b_1). Schemat ten przedstawiony został na rys. 3.

Warto zwrócić uwagę na obwód podłączony do wejścia K przerzutnika. Jest to suma obu sygnałów powodujących przejście do stanów b_2 lub b_3 , powinno wówczas nastąpić skasowanie przerzutnika b_4 .

Do wejścia J przerzutnika b_4 (bramka OR) podłączone będą również sygnały pochodzące z innych części struktury automatu $\langle B \rangle$. Suma sygnałów $b_4 z_1 e_3$ i $b_4 z_2 e_3$ sterująca wejściem J przerzutnika b_4 reprezentuje dwie pętle w stanie b_4 . Obwód ten został pokazany dla zachowania zgodności schematu z wyrażeniem (4). W praktyce może być on jednak pominięty, pętla oznacza brak zmiany stanu przerzutnika, co można uzyskać dla $J = 0$.

Sygnały pomocnicze $b_4 z_1 e_3$, $b_4 z_2 e_2$ oraz $b_4 z_1 e_1$ (na rys. 3 z prawej strony, u góry) wykorzystane są w strukturze logicznej automatu $\langle E \rangle$.



Rys. 3. Układ logiczny dla przejść automatu $\langle B \rangle$ ze stanu b_4 do innych stanów na podstawie wyrażenia G^{***} (4)

2. Realizacja sprzętowa automatu z parametrem wewnętrznym

Na podstawie wyników syntezy zrealizowany został model laboratoryjny automatu z parametrem wewnętrznym. Wykorzystano układy standardowej serii TTL (przerzutniki JK Master-Slave oraz bramki AND i OR). Taki zestaw bramek pozwoli uzyskać zarówno przejrzystość modelu jak i zgodność praktycznej realizacji z wynikami syntezy.

Każdy z przerzutników reprezentuje jeden stan automatu $\langle B \rangle$ lub $\langle E \rangle$ (metoda kodowania *hot one*). Ustawienie przerzutnika oznacza, że automat znajduje się w stanie reprezentowanym przez ten przerzutnik. Stan przerzutnika jest jednocześnie sygnałem wyjściowym automatu $\langle A \rangle$ (którego odwzorowaniem jest automat z parametrem wewnętrznym $\langle A' \rangle$).

Struktury logiczne odpowiadające stanom $b_1 \dots b_4$ są podobne. Różnice występują w częściach generujących sygnały wzbudzające dla innych stanów (sumy wybranych iloczynów $b_i z_j e_k$). Dla stanów bez pętli przerzutnik kasowany jest sumą iloczynów $b_i z_j$. Jeśli zaś występują pętle, to rolę tę spełnia suma sygnałów wzbudzających inne przerzutniki przy wyjściu z danego stanu.

Układ logiczny odwzorowujący przejścia automatu $\langle B \rangle$ ze stanu b_3 do b_1 (rys. 6) może być zoptymalizowany. Sygnał oznaczony "do b_1 " określony jest przez funkcję logiczną f :

$$f = b_3 z_1 e_1 + b_3 z_1 e_2 + b_3 z_1 e_3 = b_3 z_1 (e_1 + e_2 + e_3)$$

Oznacza to, że przejście ze stanu b_3 do b_1 pod wpływem sygnału z_1 zachodzi przy dowolnym stanie automatu $\langle E \rangle$ ($e_1 + e_2 + e_3 = 1$). Pokazana funkcja logiczna może więc zostać zredukowana do postaci:

$$f = b_3 z_1$$

Po włączeniu układu stan przerzutników jest nieokreślony. Należy więc ustawić przerzutniki odpowiadające stanom początkowym w częściach $\langle B \rangle$ i $\langle E \rangle$ (w omawianym przykładzie są to stany b_2 i e_1), pozostałe przerzutniki powinny zostać skasowane. Realizowane jest to sygnałem START oddziaływującym na asynchroniczne wejścia przerzutników (ustawiające \bar{S} lub kasujące \bar{R}). Alternatywą dla takiego rozwiązania jest podanie sygnału START na wejścia J przerzutników odpowiadających stanom początkowym (synchronicznie). W przypadku użycia przerzutników nie posiadających asynchronicznego wejścia ustawiającego jest to jedyne rozwiązanie. Ustalenie stanów początkowych wymaga jednak wówczas dodatkowego cyklu zegara.

Należy zwrócić uwagę na to, że w związku z użyciem przerzutników JK typu Master-Slave informacja na wejściach przerzutników nie powinna ulegać zmianie przy stanie "1" sygnału synchronizującego CLOCK. Oznacza to, że również sygnały wejściowe automatu z_1 i z_2 nie powinny w tym czasie ulegać zmianie. Impuls synchronizujący powinien trwać możliwie krótko.

Praca układu przebiega w następujących fazach:

1. Ustalenie stanów początkowych przerzutników (impuls "0" na wejściu START),
2. Wybór sygnału wejściowego (stan "1" na wejściu z_1 lub z_2),
3. Wykonanie jednego cyklu pracy (impuls "1" na wejściu CLOCK) - ustalenie stanu przerzutników zależnie od informacji na wejściach J i K.

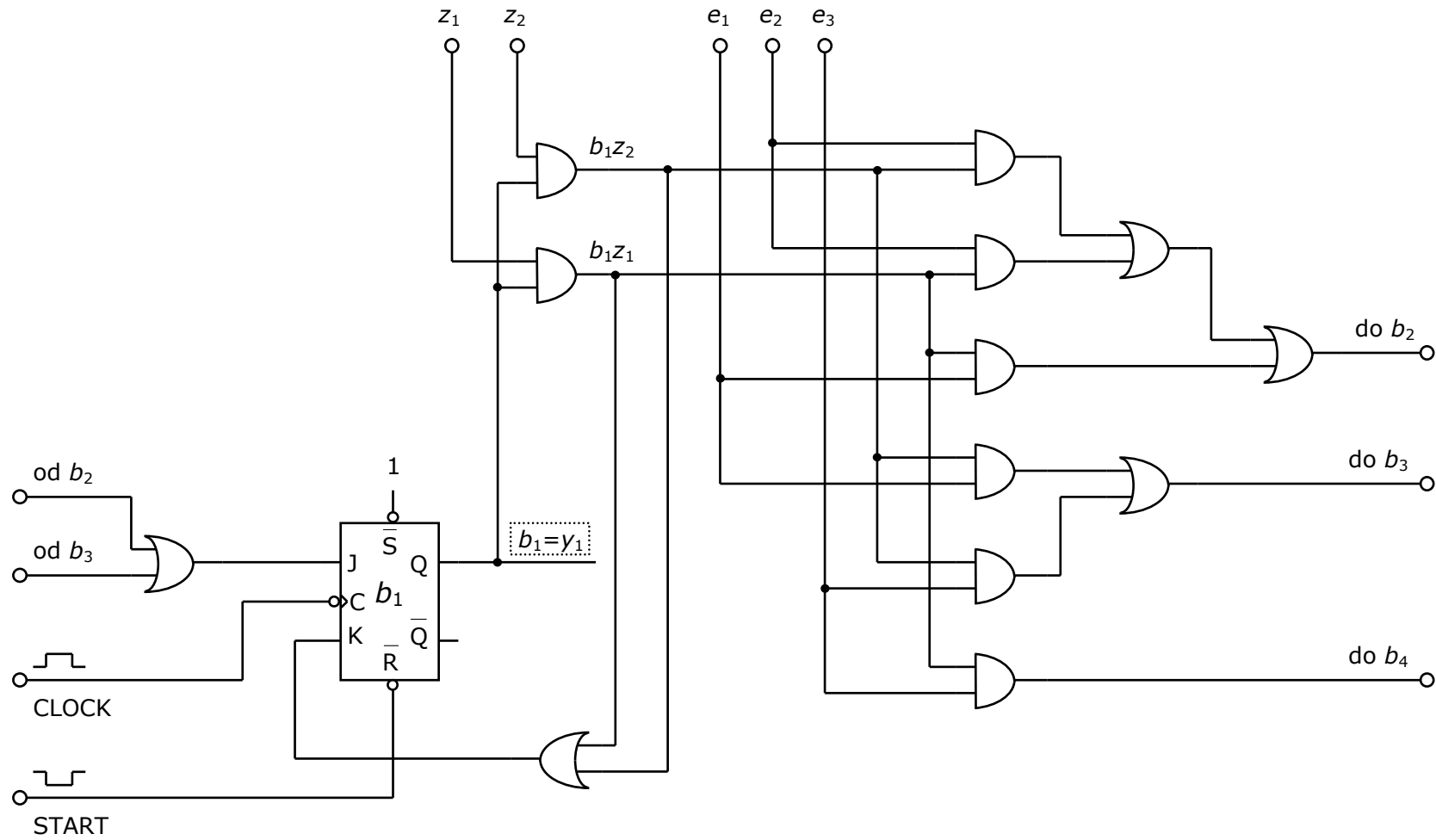
Ostatnie dwie fazy (2 i 3) mogą być wielokrotnie powtarzane (przejścia do kolejnych stanów).

Schematy układów będących realizacją automatu $\langle B \rangle$ (każdy ze stanów $b_1 \dots b_4$ oddzielnie) oraz automatu $\langle E \rangle$ przedstawiono na załączonych rysunkach (rys. 4 - 8).

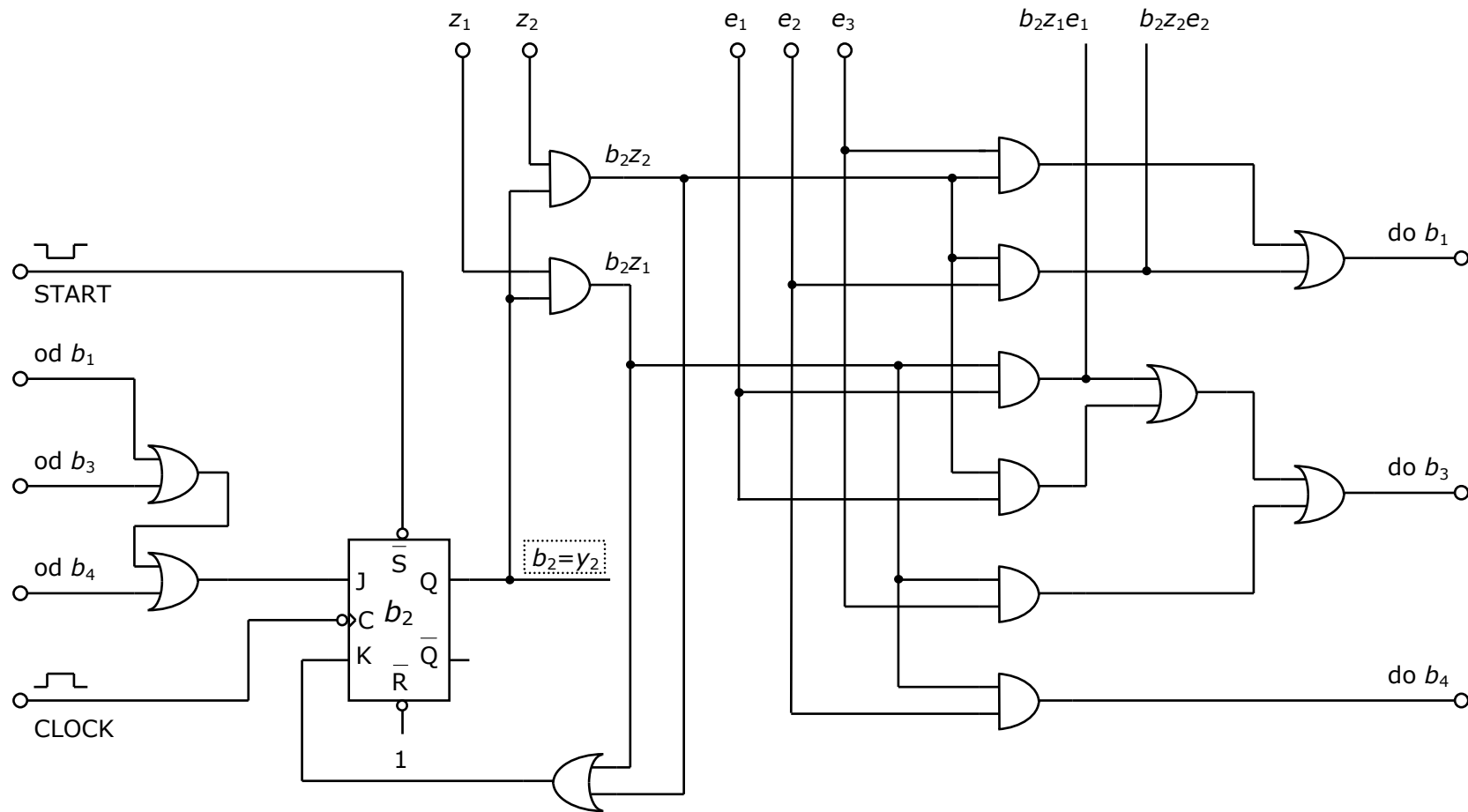
3. Sprawozdanie z ćwiczenia

W sprawozdaniu należy umieścić:

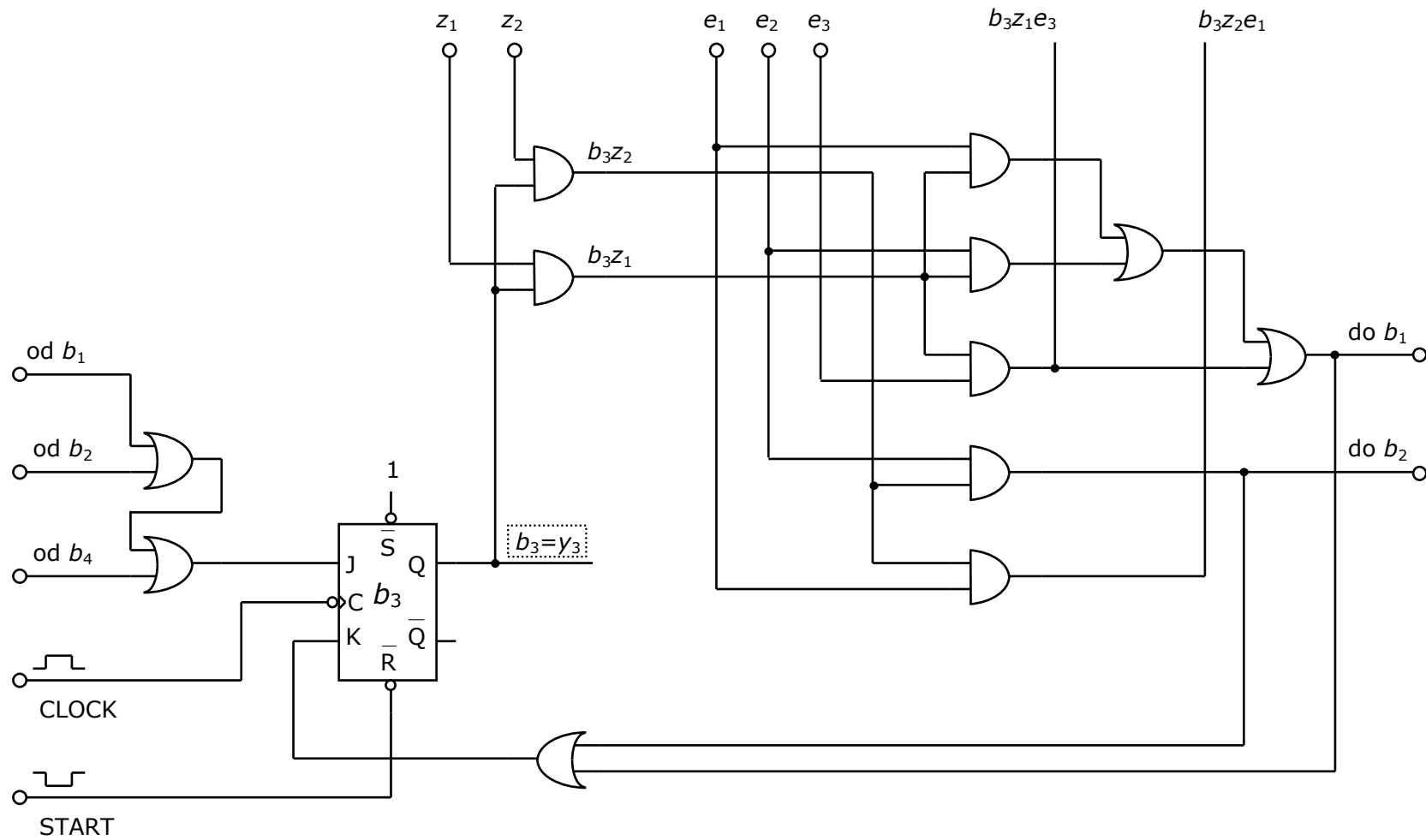
1. Syntezę strukturalną zadanego automatu $\langle A' \rangle$ z parametrem wewnętrznym,
2. Wyniki sprawdzenia zgodności działania automatu $\langle A \rangle$ typu Moore'a, z którego automat $\langle A' \rangle$ był wyprowadzony,
3. Wnioski dotyczące realizacji ćwiczenia i zachowania się automatu $\langle A' \rangle$.



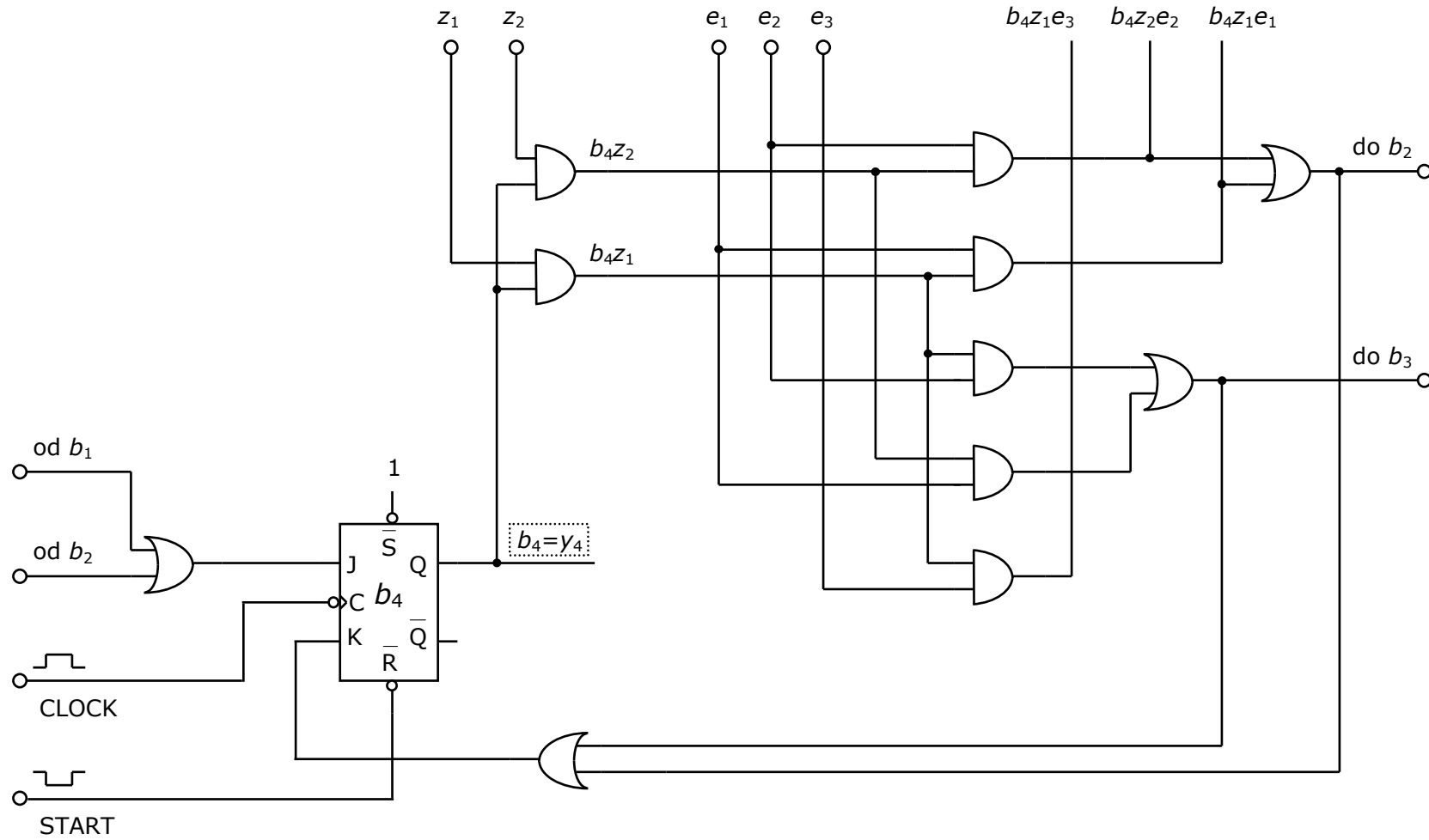
Rys. 4. Schemat logiczny przejść ze stanu b_1



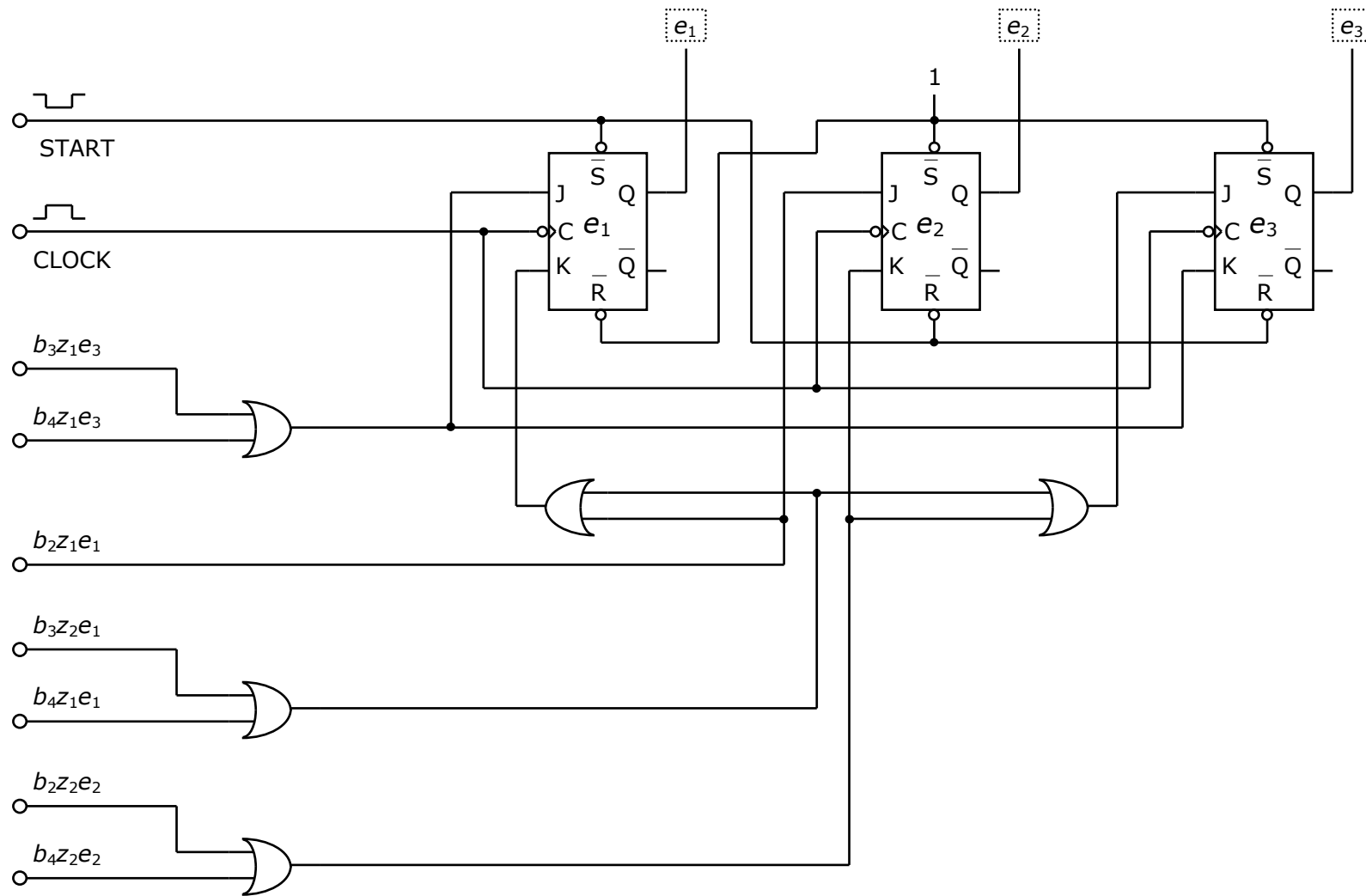
Rys. 5. Schemat logiczny przejść ze stanu b_2



Rys. 6. Schemat logiczny przejść ze stanu b_3



Rys. 7. Schemat logiczny przejść ze stanu b_4



Rys. 8. Schemat logiczny automatu $\langle E \rangle$