

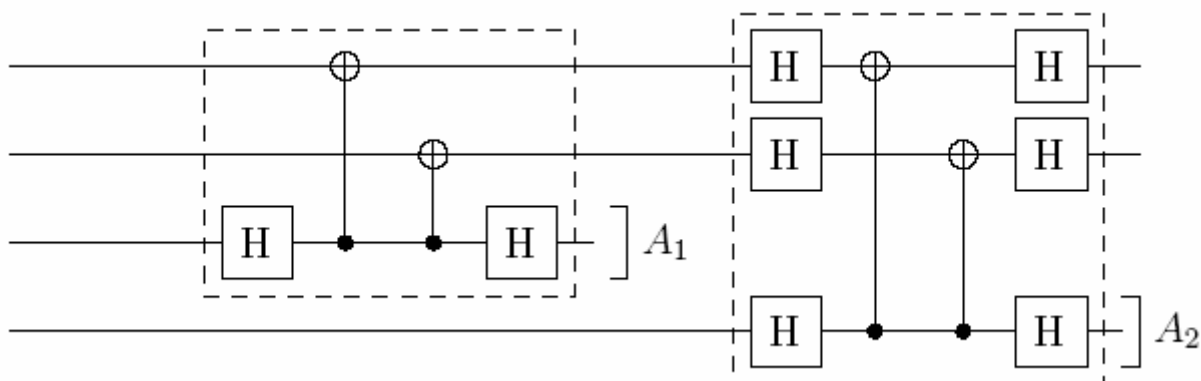
Uniwersytet Zielonogórski	Wykonali:	Grupa:	Nr ćwiczenia: 5	Ocena:
Laboratorium				
Temat: Podstawowe algorytmy kwantowe	Prowadzący:	Data wyk. ćw.	Data odd. spr.	

Zadanie 1

Zaimplementować obwód do detekcji stanów Bella i sprawdzić jego zachowanie dla czterech par Bella? Sprawdzić też, jak zachowuje się obwód, gdy na jego wejście nie są podawane pary Bella?

Cztery podstawowe pary Bella są zdefiniowane w następujący sposób:

$$\begin{aligned}
 |\Phi^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle) & |\Phi^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle - |11\rangle) \\
 |\Psi^+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|01\rangle + |10\rangle) & |\Psi^-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|01\rangle - |10\rangle)
 \end{aligned}$$



Rysunek 1 Detekcja stanów Bella

Funkcja:

```

def DetectBellState(r):
    r.HadN(2)
    r.CNot(2,0)
    r.CNot(2,1)
    r.HadN(2)
    a1=r.MeasureOneQubit(2)
    r.HadN(0)
    r.HadN(1)
    r.HadN(3)
    r.CNot(3,0)
    r.CNot(3,1)
    r.HadN(0)
    r.HadN(1)
    r.HadN(3)
    a2=r.MeasureOneQubit(3)
    return a1,a2
    
```

Tworzenie par Bella:

```

def MakePsiPlus(r):
    r.SetKet("0000")
    r.HadN(0)
    r.CNot(0,1)

def MakePhiPlus(r):
    r.SetKet("1000")
    r.HadN(1)
    r.CNot(1,0)

def MakePsiMinus(r):
    r.SetKet("1000")
    r.HadN(0)
    r.CNot(0,1)

def MakePhiMinus(r):
    r.SetKet("1100")
    r.HadN(0)
    r.CNot(0,1)
    
```

Detekcja stanów Bella:

```
r=qcs.QubitReg(4)
r.Reset()
MakePsiPlus(r)
a1,a2=DetectBellState(r)
print "psi+ a1=",a1,"a2=",a2
```

WYNIK:
psi+ a1= 0 a2= 0

```
r=qcs.QubitReg(4)
r.Reset()
MakePhiPlus(r)
a1,a2=DetectBellState(r)
print "phi+ a1=",a1,"a2=",a2
```

WYNIK:
phi+ a1= 0 a2= 1

```
r=qcs.QubitReg(4)
r.Reset()
MakePsiMinus(r)
a1,a2=DetectBellState(r)
print "psi- a1=",a1,"a2=",a2
```

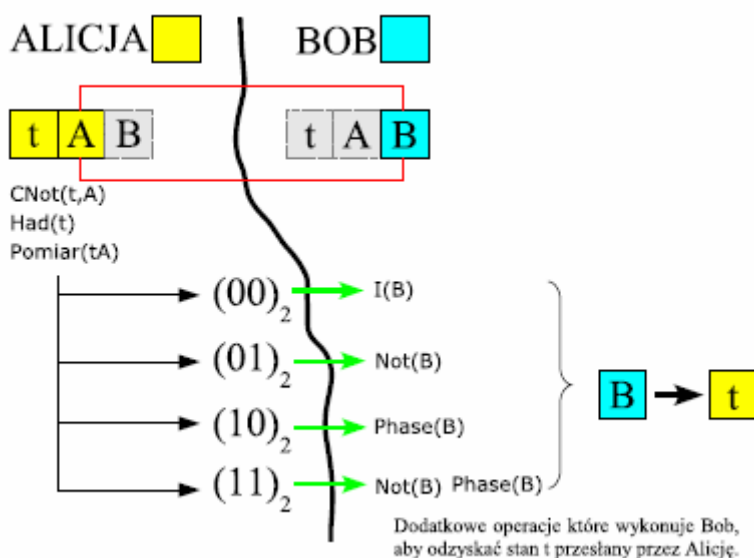
WYNIK:
psi- a1= 1 a2= 0

```
r=qcs.QubitReg(4)
r.Reset()
MakePhiMinus(r)
a1,a2=DetectBellState(r)
print "phi- a1=",a1,"a2=",a2
```

WYNIK:
phi- a1= 1 a2= 1

Zadanie 2

Dokonać implementacji protokołu teleportacji kwantowej.



Rysunek 2 Krotki przepis na teleportacje

Skrypt:

```
def zad_2():
    r=qcs.QubitReg(3)
    r.SetKet("000")
    r.HadN(1)
    r.CNot(1,2)
    r.Pr()

    r.CNot(0,1)
    r.HadN(0)

    w=r.MeasureN(0,1)

    if w==0:
        print "Stosujemy operacje I"

    if w==1:
        r.NotN(2)
```

WYNIK:

```
0.707107 + 0.000000i |000>
0.707107 + 0.000000i |011>
1.000000 + 0.000000i |110>
```

```
if w==2:  
    r.Phase(2)  
  
if w==3:  
    r.NotN(2)  
    r.Phase(2)  
  
print  
r.Pr()
```

Zadanie 3

Dokonać implementacji protokołu kodowania supergęstego.

Skrypt:

```
def zad_3(p):  
  
    A=qcs.QubitReg(2)  
    A.Reset()  
    A.SetKet("00")  
    A.HadN(0)  
    A.CNot(0,1)  
  
    if p==0:  
        print "Stosujemy operacje I"  
  
    if p==1:  
        A.NotN(0)  
  
    if p==2:  
        A.Phase(0)  
  
    if p==3:  
        A.Phase(0)  
        A.NotN(0)  
  
    B=qcs.Matrix(4,4)  
    B.AtDirect(0,0,0.7071,0)  
    B.AtDirect(0,3,0.7071,0)  
    B.AtDirect(1,1,0.7071,0)  
    B.AtDirect(1,2,0.7071,0)  
    B.AtDirect(2,0,0.7071,0)  
    B.AtDirect(2,3,-0.7071,0)  
    B.AtDirect(3,1,-0.7071,0)  
    B.AtDirect(3,2,0.7071,0)  
  
    print  
    A.MatrixApply(B)  
    A.Pr()
```

WYNIK:

zad_3(0)	zad_3(2)
0.9999991 + 0.0000000i 00>	0.9999991 + 0.0000000i 10>
zad_3(1)	zad_3(3)
0.9999991 + 0.0000000i 01>	0.9999991 + 0.0000000i 11>

Wnioski:

W ćwiczeniu tym zajęliśmy się badaniem podstawowych algorytmów kwantowych.

W zadaniu pierwszym zajęliśmy się detekcją stanów Bella. Stany Bella są najbardziej znanym przykładem stanów splatanych. Oznaczmy przez $\{|0\rangle, |1\rangle\} \subset H$ bazę w przestrzeni Hilberta opisującej układ o dwóch stanach. Są to stany układu dwuskładnikowego opisanego przestrzenią $H \otimes H$, w którym każdy z podukładów może być w dwóch stanach. Stany te bywają także nazywane „stanami EPR” lub „parami EPR”.

W zadaniu drugim dokonywaliśmy teleportacji kwantowej. Na początku nastąpiło przygotowanie stanu Bella przy użyciu bramki Hadamarda oraz bramki CNOT. Następnie nastąpiła operacja na qubitach Alicji (przy użyciu bramki CNOT oraz bramki Hadamarda). Kolejnym krokiem były pomiary na qubitach Alicji, a ostatnią fazą były operacje warunkowe na qubicie Boba.

W ostatnim zadaniu zajęliśmy się badaniem protokołu kodowania supergęstego, który jest odwrotnym do teleportacji kwantowej. Dzięki splątaniu stanów kwantowych możliwe jest przekazanie jednym qubitem dwóch bitów informacji, dzięki czemu skracane jest tempo przepływu informacji o połowę. Pierwszy krok zależy od tego, jaka wartość zakodowana za pomocą bitów klasycznych chcemy przesłać. Jeśli jest to wartość $(00)_2$, to stosujemy operację I, jeśli jest to wartość $(01)_2$, to stosujemy operację negacji., jeśli jest to wartość $(10)_2$, to stosujemy operację zmiany fazy. Jeśli wartość zakodowana wynosi $(11)_2$, na qubicie wykonywane są dwie operacje - zmianę fazy oraz negację. Ostatnim etapem po przesłaniu qubitu było wykorzystanie bramki B. Otrzymane wyniki nie są dokładne, ponieważ posiadają błędy numeryczne.