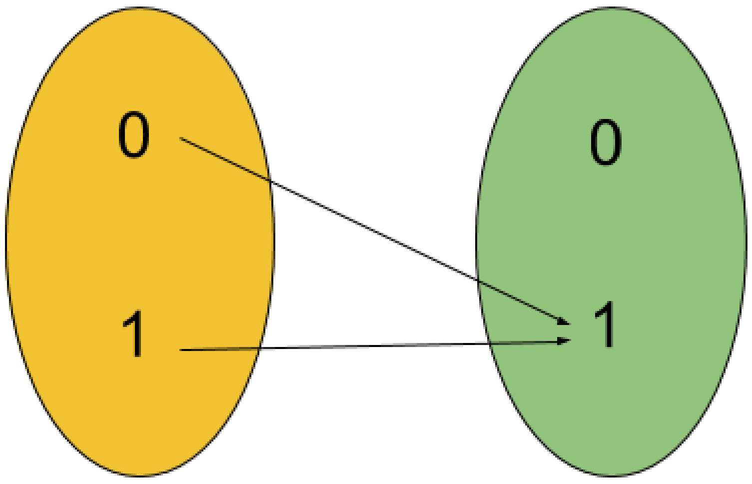
Proyecto Final CNYT

Se escogio el Computador Cuantico IBMQ Ourense para todas las ejecuciones de los algoritmos ¶

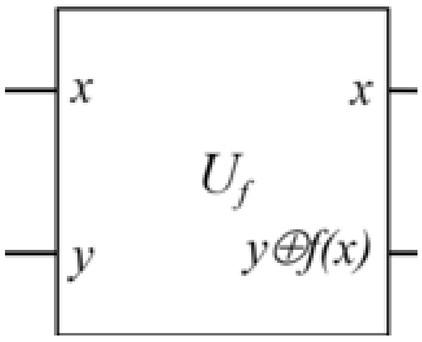
1. A) Ilustracion del Algoritmo de Deutsh

A) Tomemos la funcion $f(x) = 1$

1.1 A) Ilustracion en conjunto



1.2 A) Calculo de Outputs , creacion de la matriz



$$
\begin{array}{llll}
 & -------- & & \\
|0\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ------|0\rangle & \\
 & | \quad U_f \quad | & & \\
|0\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ---|0 \oplus 1 = 1\rangle & \\
 & -------- & &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
 & -------- & & \\
|0\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ------|0\rangle & \\
 & | \quad U_f \quad | & & \\
|1\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ---|1 \oplus 1 = 0\rangle & \\
 & -------- & &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
 & -------- & & \\
|1\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & -------|1\rangle & \\
 & | \quad U_f \quad | & & \\
|0\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ---|0 \oplus 1 = 1\rangle & \\
 & -------- & &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{llll}
 & -------- & & \\
|1\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ----|1\rangle & \\
 & | \quad U_f \quad | & & \\
|1\rangle --- & | \quad\quad\quad\quad | & ---|1 \oplus 1 = 0\rangle & \\
 & -------- & &
\end{array}
$$

tal que x es el qubit de la izquierda , y el de la derecha

1.3 A)

$$U_f = \begin{array}{c c} & \begin{array}{cccc} 00 & 01 & 10 & 11 \end{array} \\ \begin{array}{c} 00 \\ 01 \\ 10 \\ 11 \end{array} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Lo cual parece que se esta negando el segundo qubit, por que sospecho que puede un circuito con la compuerta X en el segundo alambre

In [3]:

```
from Matriz_Compleja.libreriamatrices import prodtensorial as ten,identidad, multmat as mult ,matrizcompleja as mc
from Simulador.simuladorcuantico import resultado as resultadoc
X=mc([[(0,0),(1,0)],[(1,0),(0,0)]])
ID=identidad(2)
ans=ten(ID,X)
print(ans)
```

```
[{0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}]
```

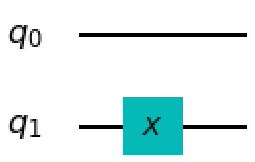
1.4 A) Esto confirma por lo tanto el circuito de U_f es siguiente:

In [13]:

```
%matplotlib inline
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer, IBMQ
from qiskit.compiler import transpile, assemble
from qiskit.tools.jupyter import *
from qiskit.visualization import *
IBMQ.load_account()
F=QuantumCircuit(2)
F.x(1)
F.draw(output='mpl')
```

```
ibmqfactory.load_account:WARNING:2020-05-24 12:39:34,971: Credentials are already in use. The existing account in the session wil
l be replaced.
```

Out[13]:

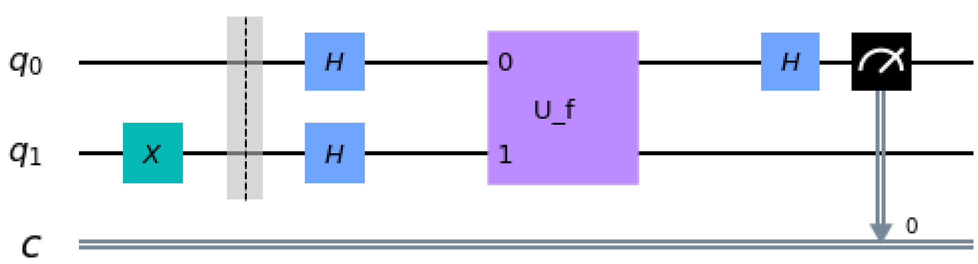


1.5 A) Entonces procedemos a meter el circuito en una caja negra y a montar el circuito de Deutsch

In [20]:

```
compuerta_uf=F.to_gate()
compuerta_uf.name="  U_f  "
circuito=QuantumCircuit(2,1)
circuito.x(1)
circuito.barrier()
circuito.h([0,1])
circuito.append(compuerta_uf,[0,1])
circuito.h(0)
circuito.measure([0],[0])
circuito.draw(output='mpl')
```

Out[20]:



In [15]:

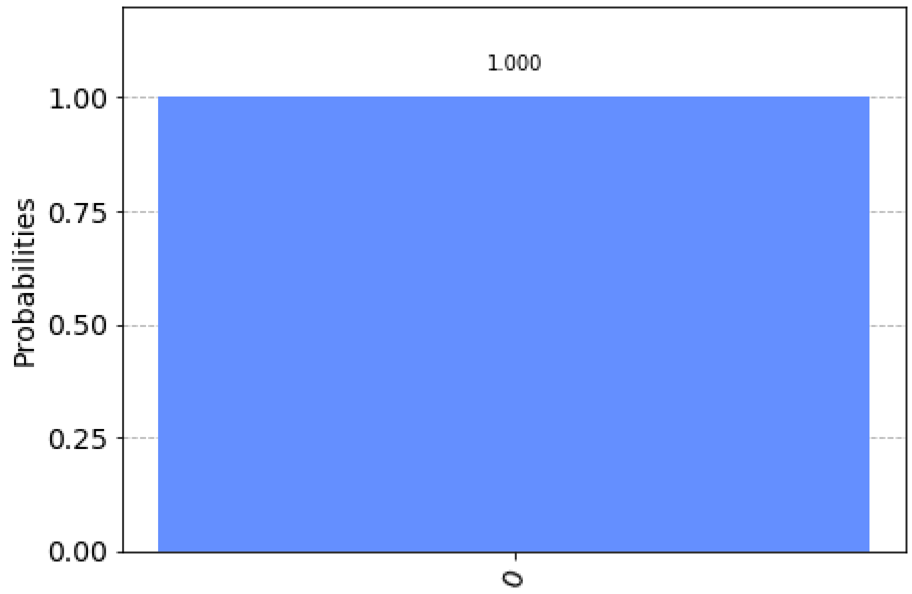
```
proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito,backend=comp_cuantico,shots=1)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)
```

```
{'0': 1}
```

1.6 A) Resultados del Algoritmo de Deutsch

In [16]:
```
plot_histogram(counts)
```

Out[16]:



1.7 A) Conclusiones

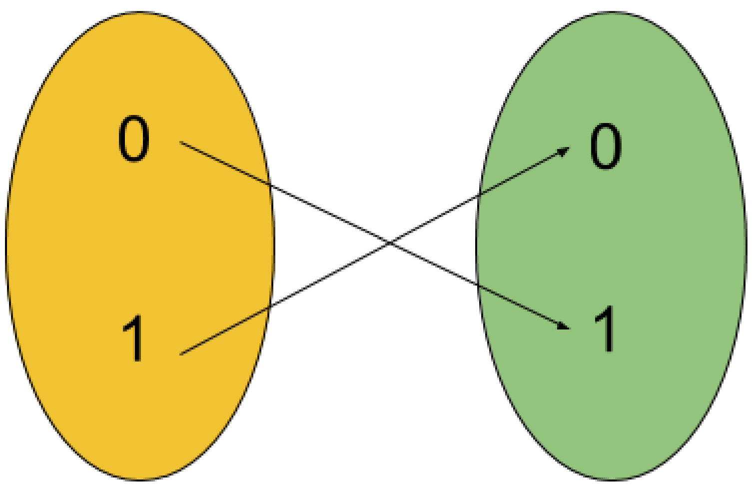
Concluimos que la funcion es constante como deberia ser ya que en su mayoria colapsara al estado $|0\rangle$

---

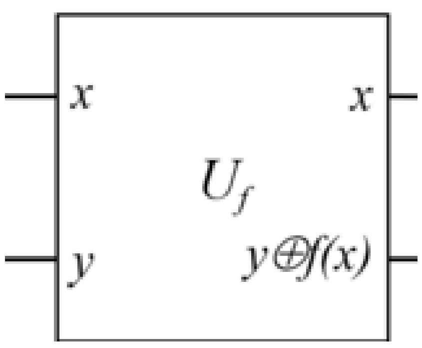
1. B) Ilustracion del Algoritmo de Deutsh

B) Tomemos la funcion $f(0) = 1, f(1) = 0$

1.1 B) Ilustracion en conjunto



1.2 B) Calculo de Outputs , creacion de la matriz



$$
\begin{array}{lcl}
 & - - - - - - - - & \\
|0\rangle - - - & | \qquad\quad | & - - - - - - |0\rangle \\
 & | \quad U_f \quad | & \\
|0\rangle - - - & | \qquad\quad | & - - -|0 \oplus 1 = 1\rangle \\
 & - - - - - - - - &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lcl}
 & - - - - - - - - & \\
|0\rangle - - - & | \qquad\quad | & - - - - - - |0\rangle \\
 & | \quad U_f \quad | & \\
|1\rangle - - - & | \qquad\quad | & - - -|1 \oplus 1 = 0\rangle \\
 & - - - - - - - - &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{ccccc}
 & & - - - - - - - - & & \\
|1\rangle - - - & | & & | & - - - - - - - |1\rangle \\
 & | & U_f & | & \\
|0\rangle - - - & | & & | & - - - |0 \oplus 0 = 0\rangle \\
 & & - - - - - - - - & &
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{ccccc}
 & & - - - - - - - - & & \\
|1\rangle - - - & | & & | & - - - - |1\rangle \\
 & | & U_f & | & \\
|1\rangle - - - & | & & | & - - - |1 \oplus 0 = 1\rangle \\
 & & - - - - - - - - & &
\end{array}
$$

tal que x es el bit de la izquierda , y el de la derecha

1.3 A)

$$
U_f = \begin{array}{c} \\ 00 \\ 01 \\ 10 \\ 11 \end{array}
\begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 00 & 01 & 10 & 11 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}
$$

Parece que cambia el segundo qubit , si el primer qubit es 0 , es decir una compuerta CNOT con el control negado, por lo tanto necesitaremos una compuerta X en el primer alambre , una CNOT con controlador arriba y nuevamente una compuerta X para dejar el qubit en el estado inicial

In [2]:

```
from Matriz_Compleja.libreriamatrices import prodtensorial as ten,identidad, multmat as mult ,matrizcompleja as mc
from Simulador.simuladorcuantico import resultado as resultadoc
X=mc([[(0,0),(1,0)],[(1,0),(0,0)]])
ID=identidad(2)
CNOT=mc([
        [(1,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(1,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(1,0)],
        [(0,0),(0,0),(1,0),(0,0)]
    ])
XID=ten(X,ID)
ans=mult(CNOT,XID)
ans=mult(XID,ans)
print(ans)
```

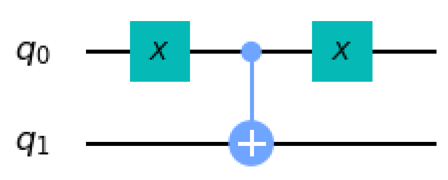
```
[{0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}]
```

1.4 B) Esto confirma por lo tanto el circuito de U_f es siguiente:

In [4]:

```
%matplotlib inline
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer, IBMQ
from qiskit.compiler import transpile, assemble
from qiskit.tools.jupyter import *
from qiskit.visualization import *
IBMQ.load_account()
F2=QuantumCircuit(2)
F2.x(0)
F2.cx(0,1)
F2.x(0)
F2.draw(output='mpl')
```

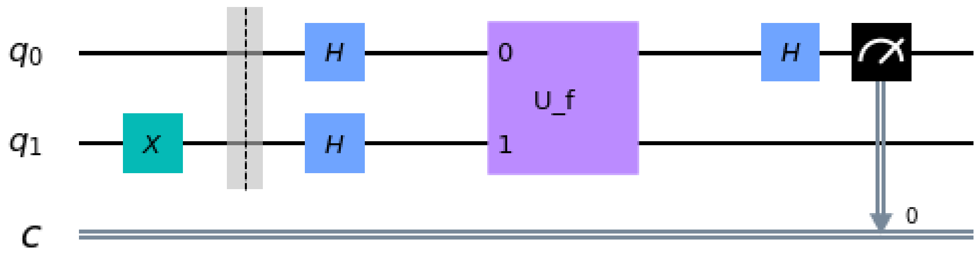
Out[4]:



1.5 B) Entonces procedemos a meter el circuito en una caja negra y a montar el circuito de Deutsch

In [21]:
```python
compuerta_uf=F2.to_gate()
compuerta_uf.name="  U_f  "
circuito2=QuantumCircuit(2,1)
circuito2.x(1)
circuito2.barrier()
circuito2.h([0,1])
circuito2.append(compuerta_uf,[0,1])
circuito2.h(0)
circuito2.measure([0],[0])
circuito2.draw(output='mpl')
```

Out[21]:



In [6]:
```python
proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito2,backend=comp_cuantico,shots=1024)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)
```

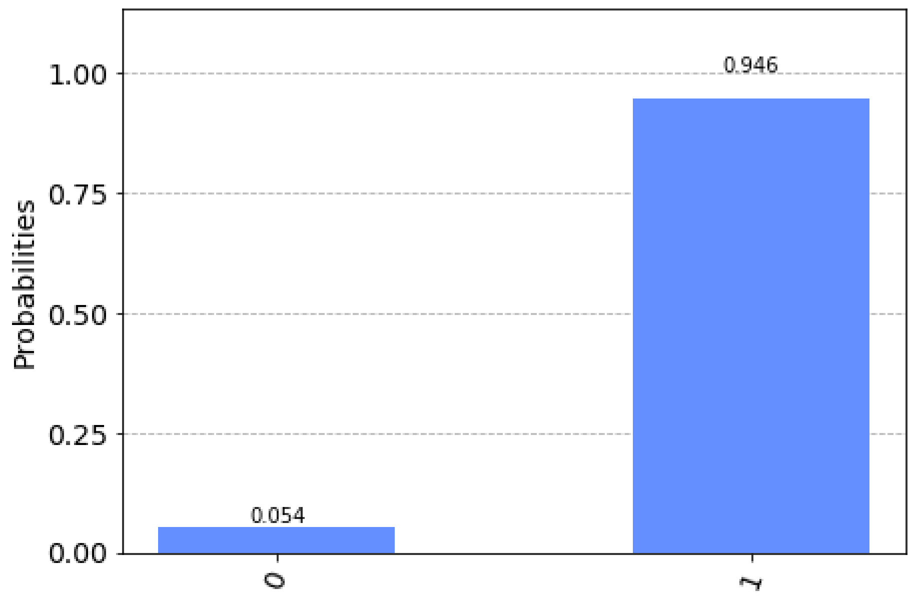
```
ibmqfactory.load_account:WARNING:2020-05-24 12:33:40,842: Credentials are already in use. The existing account in the session wil
l be replaced.

{'1': 969, '0': 55}
```

1.6 B) Resultados del Algoritmo de Deutsch

In [7]:
```python
plot_histogram(counts)
```

Out[7]:



1.7 B) Conclusiones

Concluimos que la funcion es balanceada como deberia ser ya que en su mayoria NO colapsara al estado $|0\rangle$ y si al estado $|1\rangle$

In [6]:
```python
proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito2,backend=comp_cuantico,shots=1024)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)
```

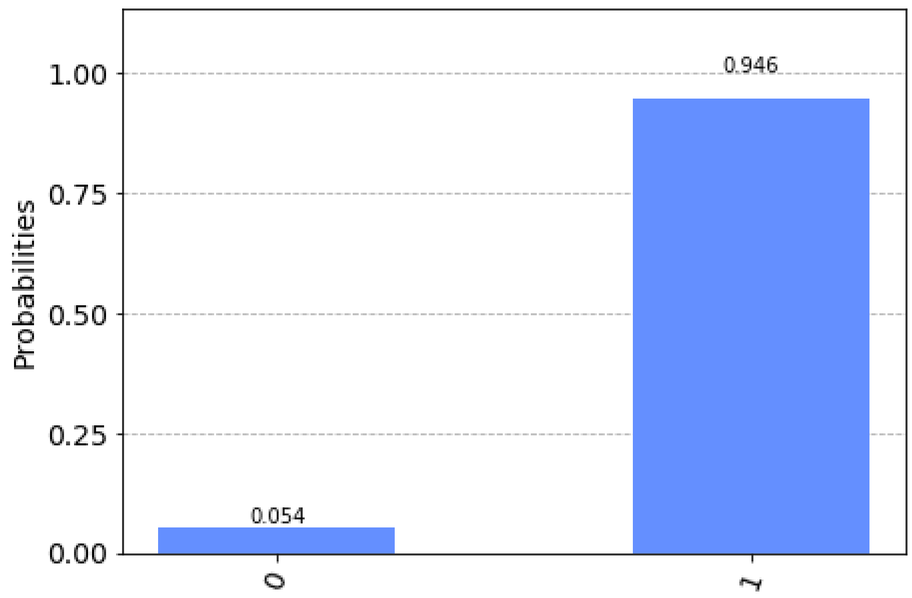
```
ibmqfactory.load_account:WARNING:2020-05-24 12:33:40,842: Credentials are already in use. The existing account in the session wil
l be replaced.

{'1': 969, '0': 55}
```

1.6 B) Resultados del Algoritmo de Deutsch

In [7]:
```
plot_histogram(counts)
```

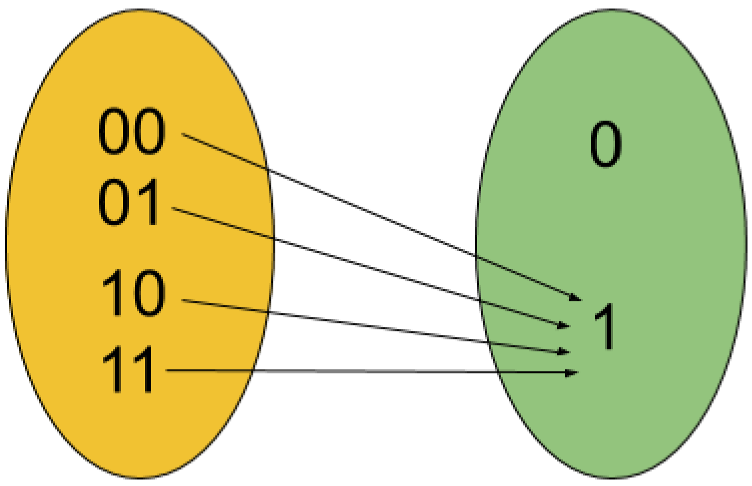
Out[7]:



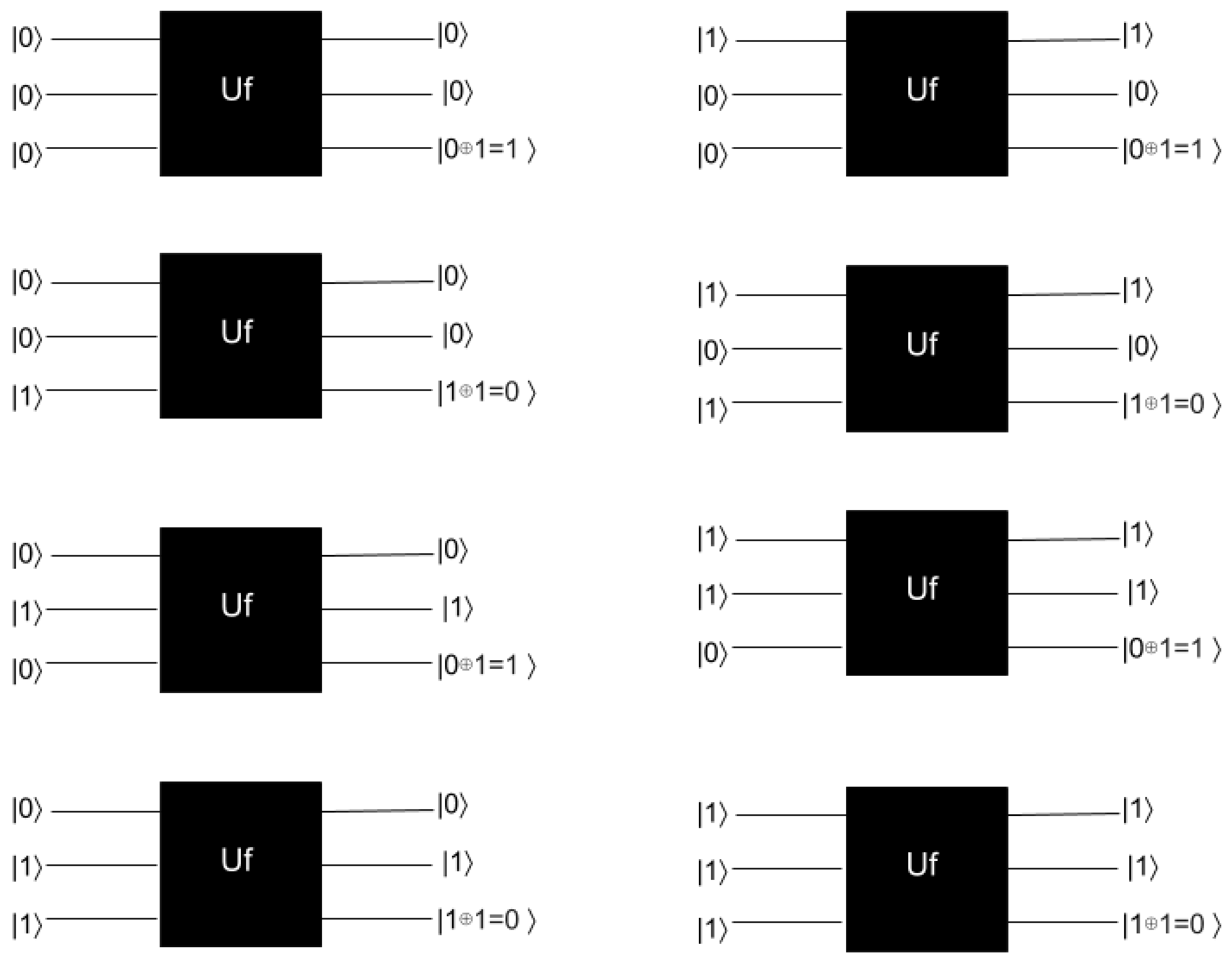
2 Algoritmo de Deutsch-Jozsa

A) Tomemos la funcion $f(\{0,1\}^2) = 1$

2.1 A) Representancion de Conjunto



2.2 B) Calculo de outputs



los qbits pasan de ser de arriba-abajo a izquierda-derecha

2.3 A) Matriz U_f

$$U_f = \begin{array}{c|cccccccc|} & 000 & 001 & 010 & 011 & 100 & 101 & 110 & 111 \\ \hline 000 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 001 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 010 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 011 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 100 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 101 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 110 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 111 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Parece ser que se niega el ultimo qubit, para esto necesitaremos un compuerta X en el tercer alambre

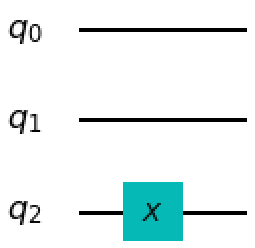
In [1]:
```
from Matriz_Compleja.libreriamatrices import prodtensorial as ten,identidad, multmat as mult ,matrizcompleja as mc
from Simulador.simuladorcuantico import resultado as resultadoc
X=mc([[(0,0),(1,0)],[(1,0),(0,0)]])
ID=identidad(2)
IDID=ten(ID,ID)
ans=ten(IDID,X)
print(ans)
```

```
[{0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}]
```

2.4 A) Esto confirma por lo tanto el circuito de U_f es siguiente:

```
In [6]: %matplotlib inline
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer, IBMQ
from qiskit.compiler import transpile, assemble
from qiskit.tools.jupyter import *
from qiskit.visualization import *
IBMQ.load_account()
F2c=QuantumCircuit(3)
F2c.x(2)
F2c.draw(output='mpl')
```

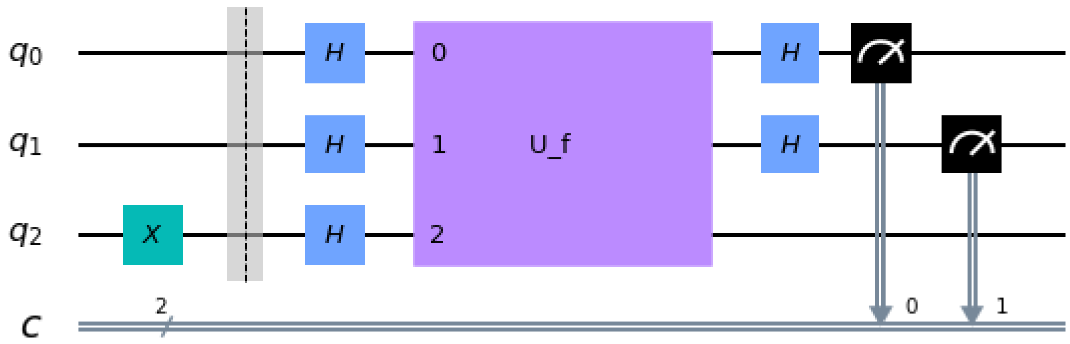
Out[6]:



2.5 A) Entonces procedemos a meter el circuito en una caja negra y a montar el circuito de Deutsch - Jozsa

```
In [19]: compuerta_uf=F2c.to_gate()
compuerta_uf.name="   U_f   "
circuito2q=QuantumCircuit(3,2)
circuito2q.x(2)
circuito2q.barrier()
circuito2q.h([0,1,2])
circuito2q.append(compuerta_uf,[0,1,2])
circuito2q.h([0,1])
circuito2q.measure([0,1],[0,1])
circuito2q.draw(output='mpl')
```

Out[19]:



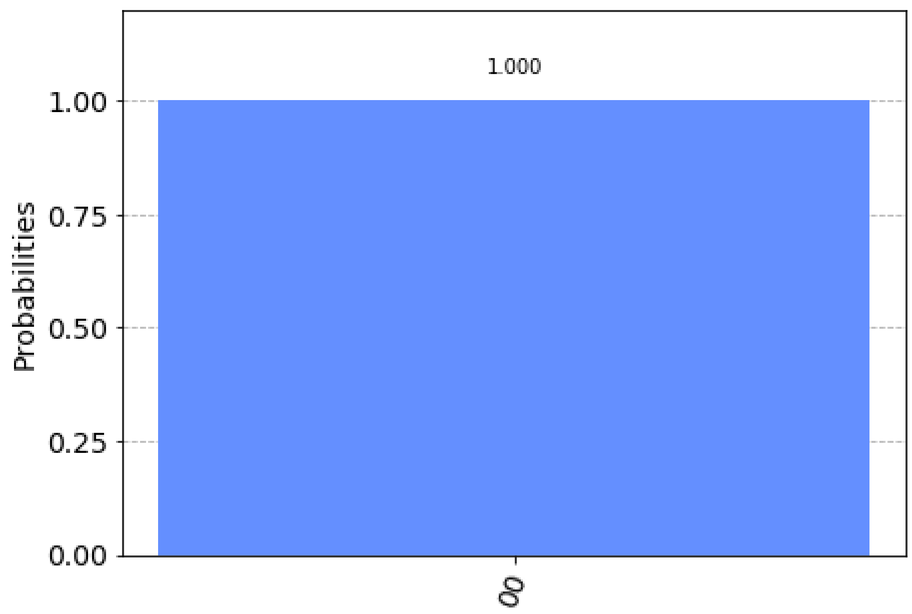

```
In [18]: proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito2q,backend=comp_cuantico,shots=1)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)

{'00': 1}
```

2.6 A) Resultados del Algoritmo de Deutsch-Jozsa

```
In [20]: plot_histogram(counts)
```

Out[20]:



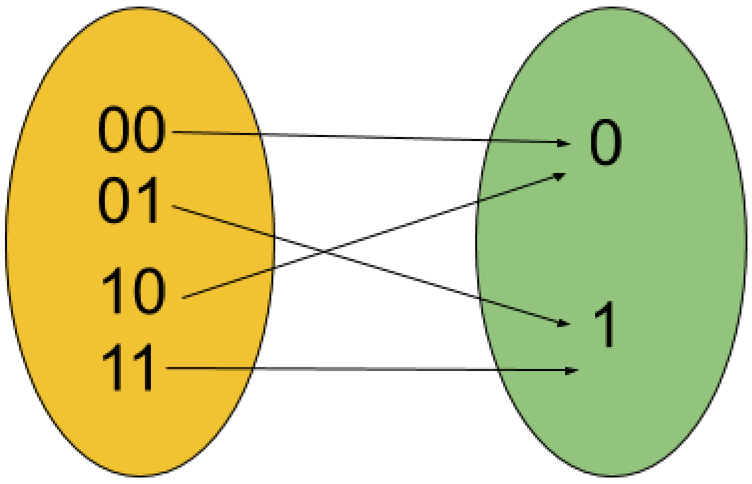
2.7 A) Conclusiones

Concluimos que la funcion es constante como deberia ser ya que colapsara al estado $|00\rangle$ con mayoria

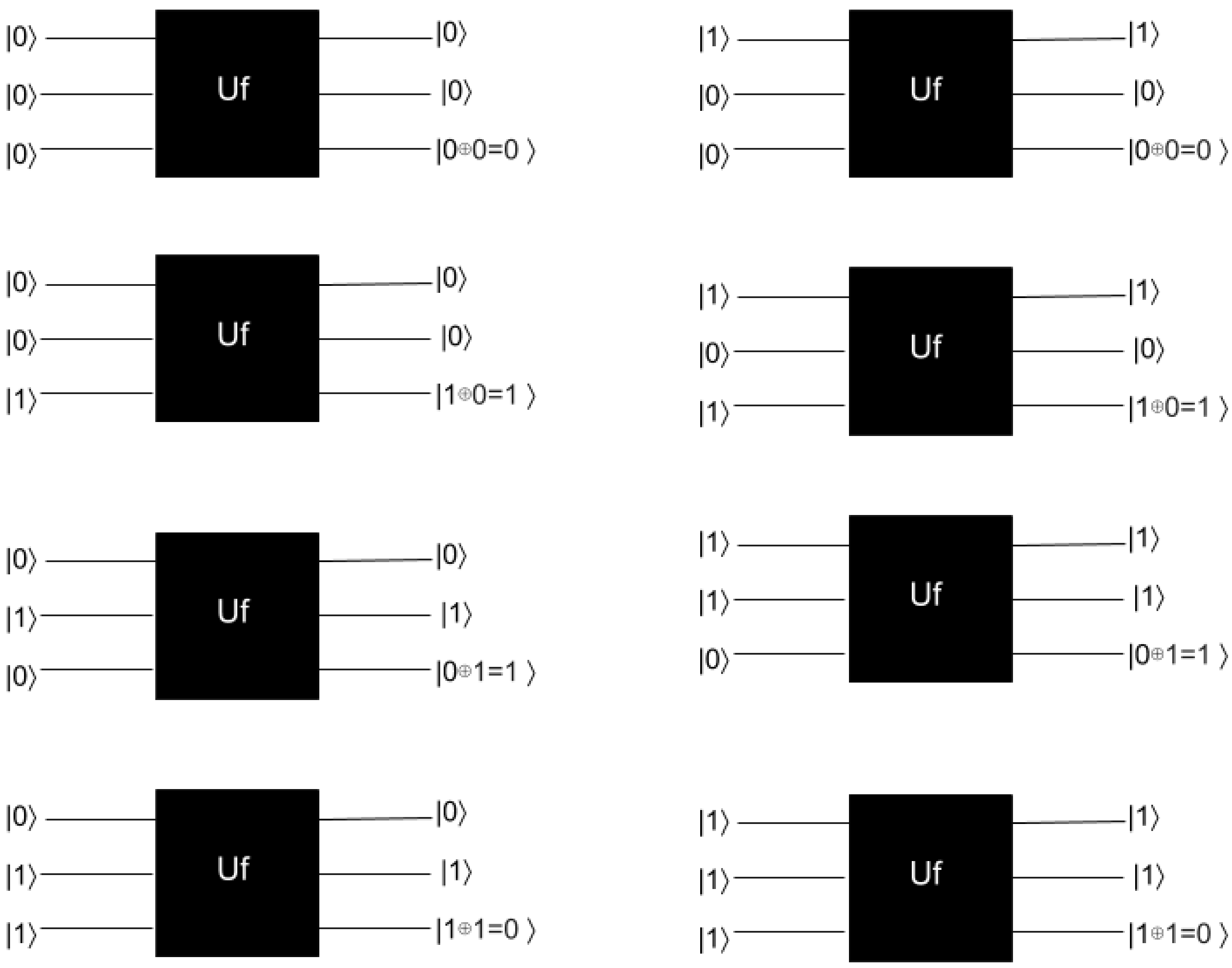
B) Tomemos la funcion que determina si el numero binario es par o impar

$f(\{0,1\}^2) = 0$ si es par , 1 si es impar (0 se considera como par)

2.1 B) Representancion de Conjunto



2.2 B) Calculo de outputs



los qbits pasan de ser de arriba-abajo a izquierda-derecha

2.3 A) Matriz U_f

$$U_f = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccccc} 000 & 001 & 010 & 011 & 100 & 101 & 110 & 111 \end{array} \\ \begin{array}{c} 000 \\ 001 \\ 010 \\ 011 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{array} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Si el segundo qubit es 1 cambia el tercero, por lo que utilizaremos una compuerta CNOT con target en 3 alambre y controlador en el 2

In [21]:

```
from Matriz_Compleja.libreriamatrices import prodtensorial as ten,identidad, multmat as mult ,matrizcompleja as mc
from Simulador.simuladorcuantico import resultado as resultadoc
X=mc([[(0,0),(1,0)],[(1,0),(0,0)]])
CNOT=mc([
        [(1,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(1,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(1,0)],
        [(0,0),(0,0),(1,0),(0,0)]
    ])
ID=identidad(2)
ans=ten(ID,CNOT)
print(ans)
```

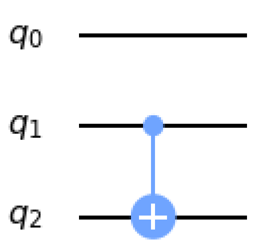
```
[{1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}]
```

2.4 B) Esto confirma por lo tanto el circuito de U_f es siguiente:

In [25]:

```
%matplotlib inline
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer, IBMQ
from qiskit.compiler import transpile, assemble
from qiskit.tools.jupyter import *
from qiskit.visualization import *
IBMQ.load_account()
F2qb=QuantumCircuit(3)
F2qb.cx(1,2)
F2qb.draw(output='mpl')
```

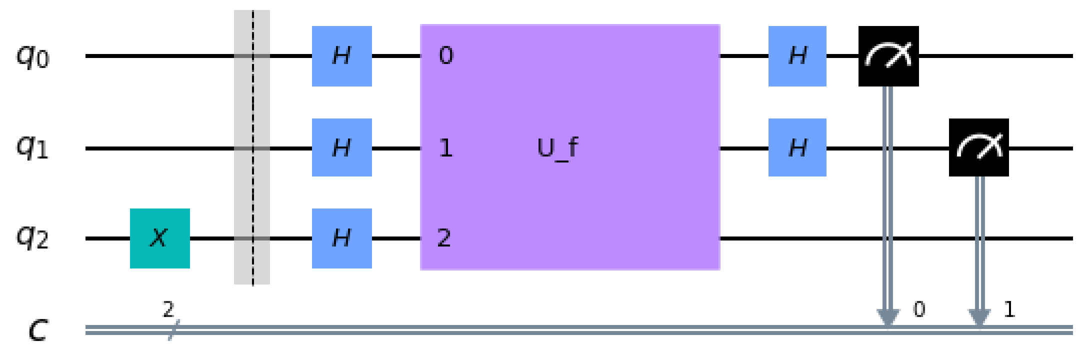
Out[25]:



2.5 B) Entonces procedemos a meter el circuito en una caja negra y a montar el circuito de Deutsch - Jozsa

In [27]:
```
compuerta_uf=F2qb.to_gate()
compuerta_uf.name="    U_f    "
circuito2qb=QuantumCircuit(3,2)
circuito2qb.x(2)
circuito2qb.barrier()
circuito2qb.h([0,1,2])
circuito2qb.append(compuerta_uf,[0,1,2])
circuito2qb.h([0,1])
circuito2qb.measure([0,1],[0,1])
circuito2qb.draw(output='mpl')
```

Out[27]:



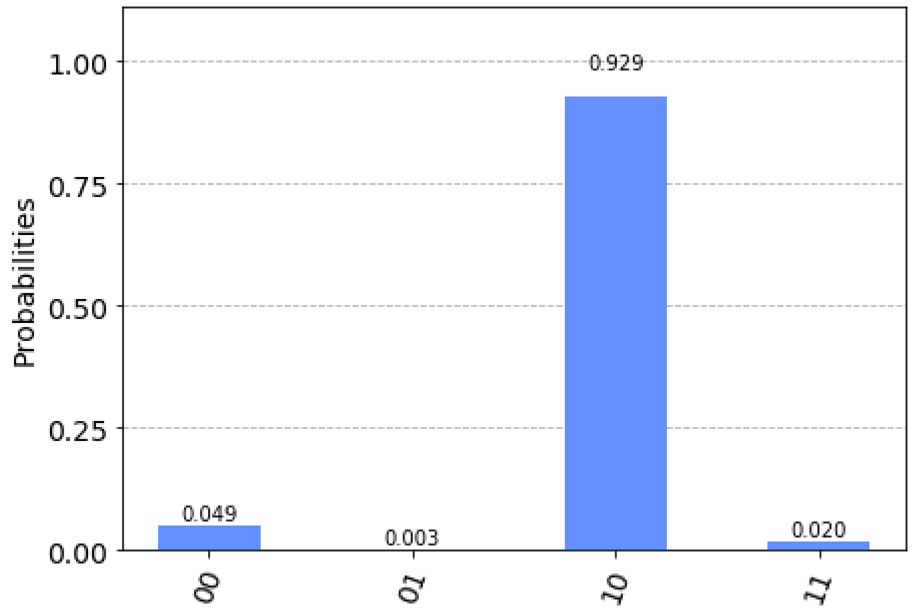
In [28]:
```
proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito2qb,backend=comp_cuantico,shots=1024)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)
```

```
{'10': 951, '00': 50, '01': 3, '11': 20}
```

2.6 A) Resultados del Algoritmo de Deutsch-Jozsa

In [29]:
```
plot_histogram(counts)
```

Out[29]:



2.7 B) Conclusiones

Concluimos que la funcion es balanceada como deberia ser ya que es POCO probable que colapse al estado $|00\rangle$, curiosamente si con mayoria en $|10\rangle$

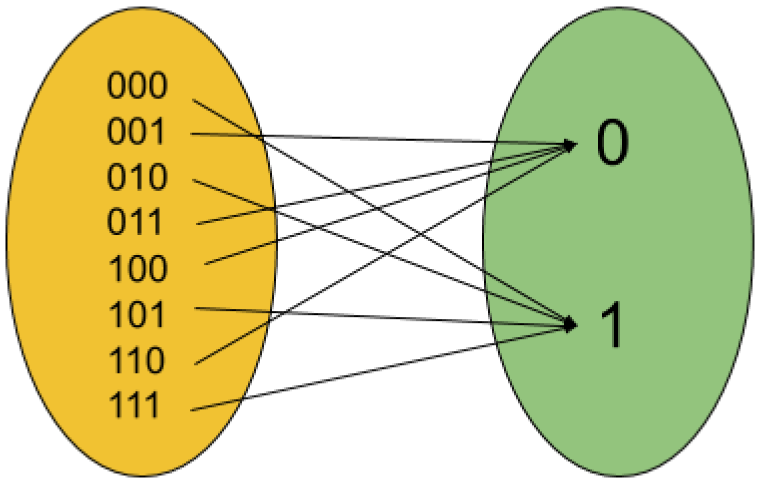
---

3 Ilustrar el Algoritmo de Deutsch-Jozsa para 1 función con $n >= 3$:

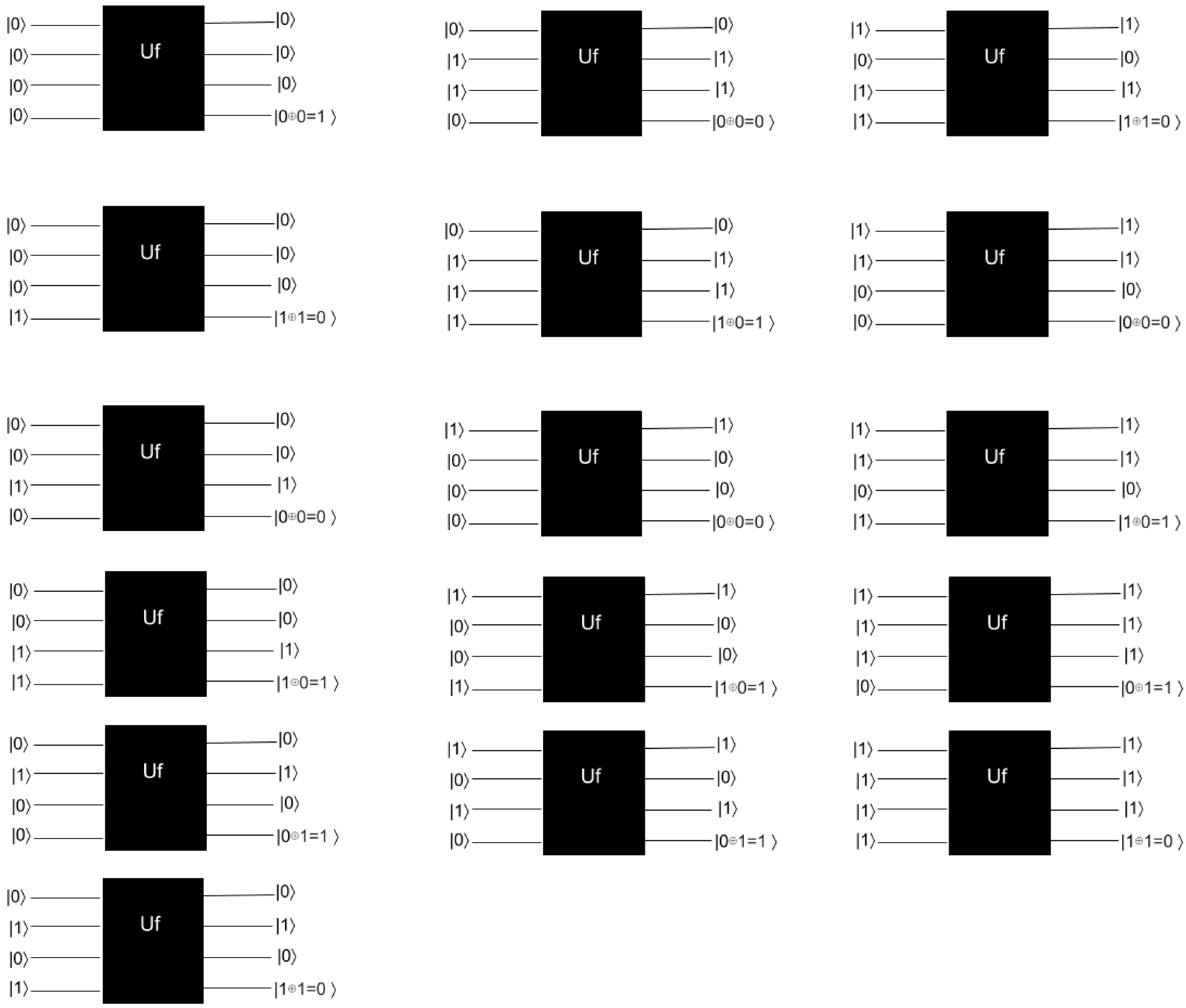
Pensemos en la funcion palindrome

$f(\{0,1\}^3) = 1$ si es palindrome , 0 de lo contrario

3.1 Representacion de Conjunto



Calculo de outputs



3.3 A) Matriz U_f

$$U_f = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccccccccccccc} 0000 & 0001 & 0010 & 0011 & 0100 & 0101 & 0110 & 0111 & 1000 & 1001 & 1010 & 1011 & 1100 & 1101 & 1110 & 1111 \end{array} \\ \begin{array}{c} 0000 \\ 0001 \\ 0010 \\ 0011 \\ 0100 \\ 0101 \\ 0110 \\ 0111 \\ 1000 \\ 1001 \\ 1010 \\ 1011 \\ 1100 \\ 1101 \\ 1110 \\ 1111 \end{array} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

3.4 y 3.5 Parece ser que es una equivalencia, entre 0 y 2 combinado con un CNOT con target en 3, lo cual podemos hacer de la siguiente manera

Los qubits en orden x, y, z, w

si

$$(x \equiv z) \equiv \neg(x \oplus z)$$

entonces

$$w \oplus \neg(x \oplus z)$$

y podemos intentar demostrar para estos casos particulares

x	z	w	$\neg(x \oplus z) \oplus w$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

De esta tabla nos concentraremos en los valores que $\neg(x \oplus z) \oplus w \not\equiv w$

Serian las cadenas 000 , 001, 110 , 111 **entonces podemos afirmar que para todas las cadenas de la forma** $0x00$, $0x01$, $1x10$ **y** $1x11$ **iran a parar a** $0x01$, $0x00$, $1x11$, $1x10$ **respectivamente , y el resto de cadenas seguiran intactas.**

$Cadena$	$Resultado$
$\vert 0 \vert 0 \vert 00 \vert$	0001

Cadena	Resultado
$\|0\|1\|00\|$	0101
$\|0\|0\|01\|$	0000
$\|0\|1\|01\|$	0100
$\|1\|0\|10\|$	1011
$\|1\|1\|10\|$	1111
$\|1\|0\|11\|$	1010
$\|1\|1\|11\|$	1110

$$U_f = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccccccccccccc} 0000 & 0001 & 0010 & 0011 & 0100 & 0101 & 0110 & 0111 & 1000 & 1001 & 1010 & 1011 & 1100 & 1101 & 1110 & 1111 \end{array} \\ \begin{array}{c} 0000 \\ 0001 \\ 0010 \\ 0011 \\ 0100 \\ 0101 \\ 0110 \\ 0111 \\ 1000 \\ 1001 \\ 1010 \\ 1011 \\ 1100 \\ 1101 \\ 1110 \\ 1111 \end{array} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Lo cual coincide con la tabla de U_f , procedemos a generar el calculo

1. Con una compuerta CNOT de con target en 2 y control en 0 , negadola con una X esto nos dara $\neg(x \oplus z)$

2. Con una compuerta CNOT con target en 3 y control en 2, nos dara $w \oplus \neg(x \oplus z)$

3. Le haremos "Rollback" al alambre 2 con una compuerta X y CNOT (del #1).

Para esto necesitamos un CNOT tradicional y uno diferente (el 1) que es el que tiene el control en 0 y target en 2 que resulta ser este :

$$
CNOT(0,2) = \begin{array}{c} \\ 000 \\ 001 \\ 010 \\ 011 \\ 100 \\ 101 \\ 110 \\ 111 \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccccc} 000 & 001 & 010 & 011 & 100 & 101 & 110 & 111 \end{array} \\
\begin{bmatrix}
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

Demostracion :

In [32]:
```python
from Matriz_Compleja.libreriamatrices import prodtensorial as ten,identidad, multmat as mult ,matrizcompleja as mc
from Simulador.simuladorcuantico import resultado as resultadoc
X=mc([[(0,0),(1,0)],[(1,0),(0,0)]])
CNOTE=mc([
        [(1,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(1,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(1,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(1,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(1,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(1,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(1,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(0,0),(1,0),(0,0)],
    ])
CNOT=mc([
        [(1,0),(0,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(1,0),(0,0),(0,0)],
        [(0,0),(0,0),(0,0),(1,0)],
        [(0,0),(0,0),(1,0),(0,0)]
    ])
ID=identidad(2)
Bloque5=ten(CNOTE,ID)
Bloque4=ten(ten(ten(ID,ID),X),ID)
Bloque3=ten(ten(ID,ID),CNOT)
Bloque2=ten(ten(ten(ID,ID),X),ID)
Bloque1=ten(CNOTE,ID)
ans=mult(mult(mult(mult(Bloque5,Bloque4),Bloque3),Bloque2),Bloque1)
print(ans)
```

```
[{0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}, {0+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}]
[{0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {0+0i}, {1+0i}, {0+0i}]
```

$$U_f = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cccccccccccccccc} 0000 & 0001 & 0010 & 0011 & 0100 & 0101 & 0110 & 0111 & 1000 & 1001 & 1010 & 1011 & 1100 & 1101 & 1110 & 1111 \end{array} \\ \begin{array}{c} 0000 \\ 0001 \\ 0010 \\ 0011 \\ 0100 \\ 0101 \\ 0110 \\ 0111 \\ 1000 \\ 1001 \\ 1010 \\ 1011 \\ 1100 \\ 1101 \\ 1110 \\ 1111 \end{array} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

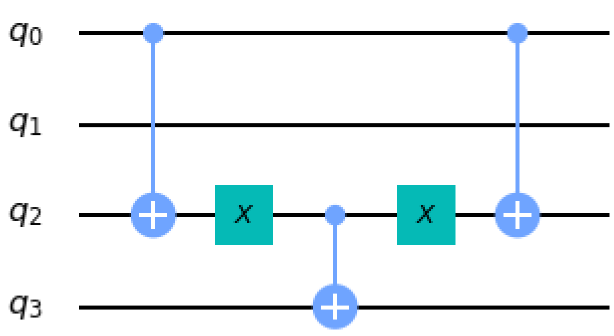
Hemos acertado , es nuestro circuito !

Ahora graficamente con compuertas tradicionales:

In [34]:

```
%matplotlib inline
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer, IBMQ
from qiskit.compiler import transpile, assemble
from qiskit.tools.jupyter import *
from qiskit.visualization import *
IBMQ.load_account()
F3qb=QuantumCircuit(4)
F3qb.cx(0,2)
F3qb.x(2)
F3qb.cx(2,3)
F3qb.x(2)
F3qb.cx(0,2)
F3qb.draw(output='mpl')
```

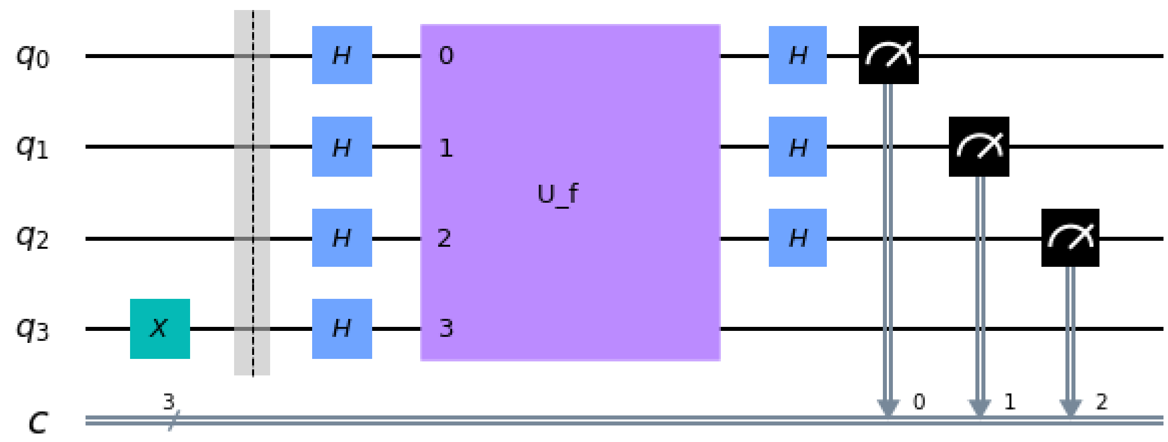
Out[34]:



3.6 Entonces procedemos a meter el circuito en una caja negra y a montar el circuito de Deutsch-Jozsa

In [38]:
```python
compuerta_uf=F3qb.to_gate()
compuerta_uf.name="   U_f   "
circuito3qb=QuantumCircuit(4,3)
circuito3qb.x(3)
circuito3qb.barrier()
circuito3qb.h([0,1,2,3])
circuito3qb.append(compuerta_uf,[0,1,2,3])
circuito3qb.h([0,1,2])
circuito3qb.measure([0,1,2],[0,1,2])
circuito3qb.draw(output='mpl')
```

Out[38]:



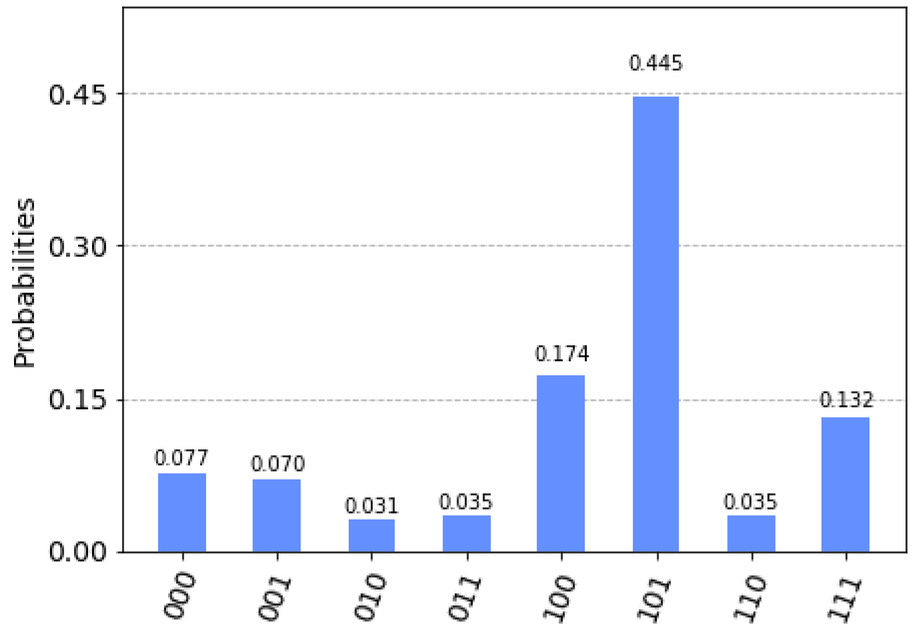
In [36]:
```python
proveedor=IBMQ.get_provider('ibm-q')
comp_cuantico=proveedor.get_backend('ibmq_ourense')
ejecucion=execute(circuito3qb,backend=comp_cuantico,shots=1024)
resultado=ejecucion.result()
counts=resultado.get_counts()
print(counts)
```

```
{'010': 32, '111': 135, '000': 79, '011': 36, '100': 178, '101': 456, '001': 72, '110': 36}
```

3.7 Resultados del Algoritmo de Deutsch-Jozsa

In [37]:
```python
plot_histogram(counts)
```

Out[37]:



3.8 Conclusiones :

Concluimos que la funcion es balanceada como deberia ser ya que es POCO probable que colapse al estado $|000\rangle$, curiosamente si con mayoria en $|101\rangle$