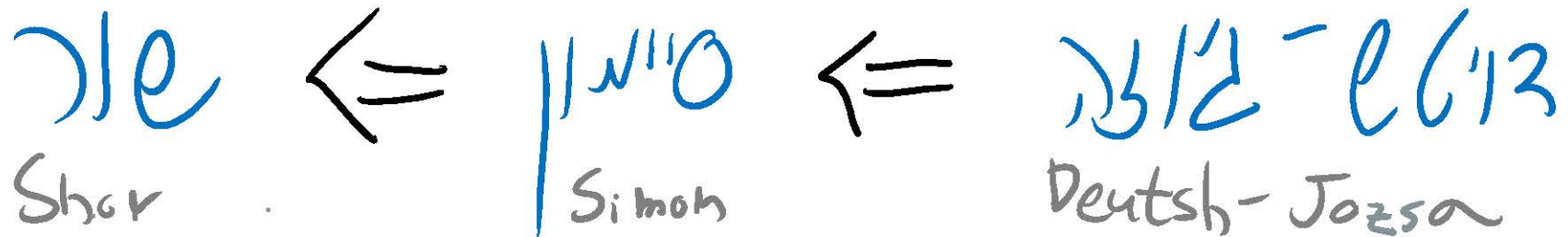




אסלוריתים קוונטיים אי"ף באר'

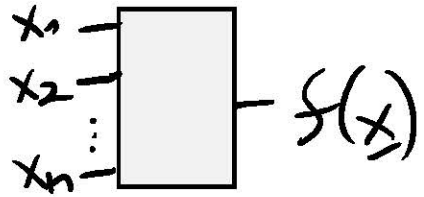
• מבנה הב' (פירוק דבורתיים)



• גיפיש: גרובר
Grover

אלגוריתם קוויט"ם עמלני מתנה גבוה

$\text{זיטל-ג'ונה} \leftarrow \text{סיומן} \leftarrow \text{שור}$
 אלגוריתם אורקל (Oracle)



בע"מ אורקל: שנה פונקציה $\{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}^m$
 המטרה - עמלני משכו אל f בעזרת כמה
 שפוח קטנות פ"פ.

מספר הקטאות הגדול \circ Query Complexity

x	$f(x)$
000	0
001	0
010	0
011	0
100	1
101	1
110	1
111	1

הבעיה של ציבור $n=1$

הכרזתו היא $f_0: \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$ (היא):

x	f_A	f_B	f_C	f_D
0	0	1	0	1
1	1	0	0	1

למאולן
קבוצה

$f(0) \neq f(1)$ נחמד.

||

$f(0) = f(1)$ קבוצה.

x	$f(x)$
0	?
1	?

כמה קבוצות $f: \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$ קיימות?

קבוצה: $\{0,1\}$

קבוצה מסוימת קבוצה אחת!

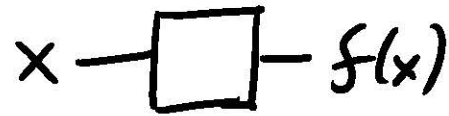
x	$f(x)$
0	?
1	?

מהי קריאה קוונטית של f ?

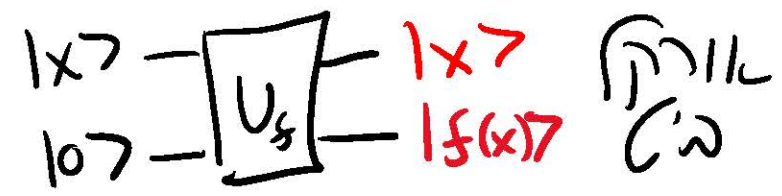
הכריחו הגים $f_0 \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$ היא למאכל כל הקבוצה.

$U_f |x\rangle|-\rangle =$

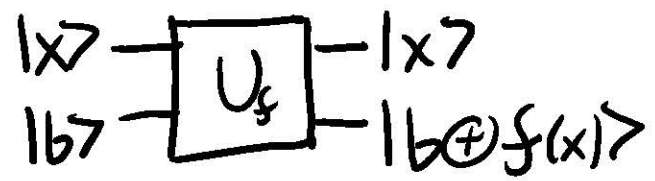
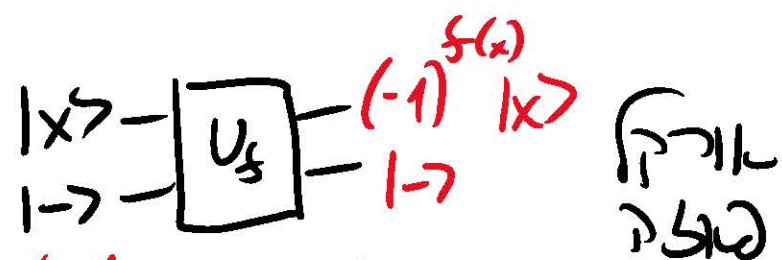
$= \frac{1}{\sqrt{2}} (U_f |x\rangle|0\rangle - U_f |x\rangle|1\rangle)$
 $= |x\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} (|f(x)\rangle - |f(x)\oplus 1\rangle)$
 $= |x\rangle \otimes \begin{cases} |-\rangle & f(x)=0 \\ |-\rangle & f(x)=1 \end{cases}$
 $= (-1)^{f(x)} |x\rangle|-\rangle$
 phase kickback



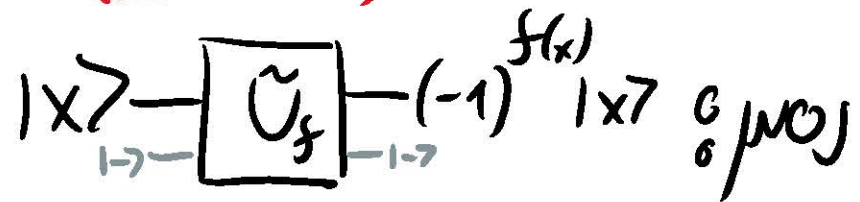
קריאה קלאסית



קריאה קוונטית



$\hookrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle - |1\rangle)$



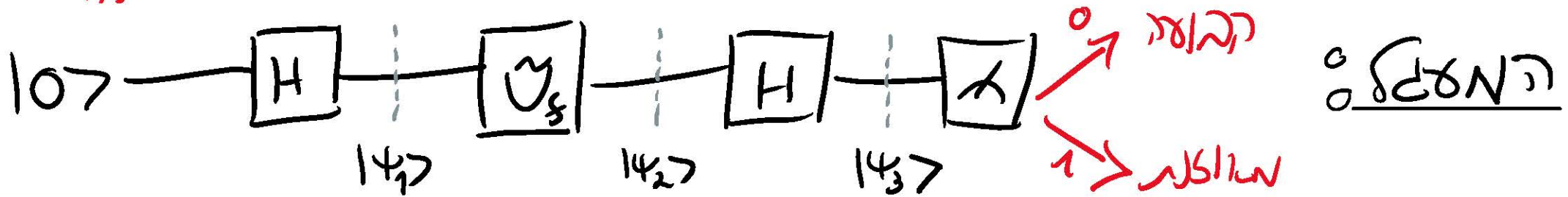
x	f(x)
0	?
1	?

המעלה של ציבור n=1

ההצלה: הכרעה האם $f_0 \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$ היא ללא קבוצה או קבוצה.

$$\begin{aligned}
 |0\rangle - |1\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle + |1\rangle) \\
 |1\rangle - |0\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle - |1\rangle) \\
 |x\rangle - |1-x\rangle &= \sum_{z \in \{0,1\}} (-1)^{x \cdot z} |z\rangle
 \end{aligned}$$

(i) ללא קבוצה או קבוצה $|x\rangle - \boxed{U_f} (-1)^{f(x)} |x\rangle$
 (ii) ללא קבוצה או קבוצה



$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle + |1\rangle) = \sum_{x \in \{0,1\}} |x\rangle$$

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(-1)^{f(0)} |0\rangle + (-1)^{f(1)} |1\rangle \right] = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{x \in \{0,1\}} (-1)^{f(x)} |x\rangle$$

$$|\psi_3\rangle = H|\psi_2\rangle = \sum_x (-1)^{f(x)} \sum_z (-1)^{x \cdot z} |z\rangle \Rightarrow \langle 0 | \psi_3 \rangle = \sum_x (-1)^{f(x)} = \sum_{\substack{x \in \{0,1\} \\ f(x)=0}} 1 - \sum_{\substack{x \in \{0,1\} \\ f(x)=1}} 1$$

היא קבוצה או לא

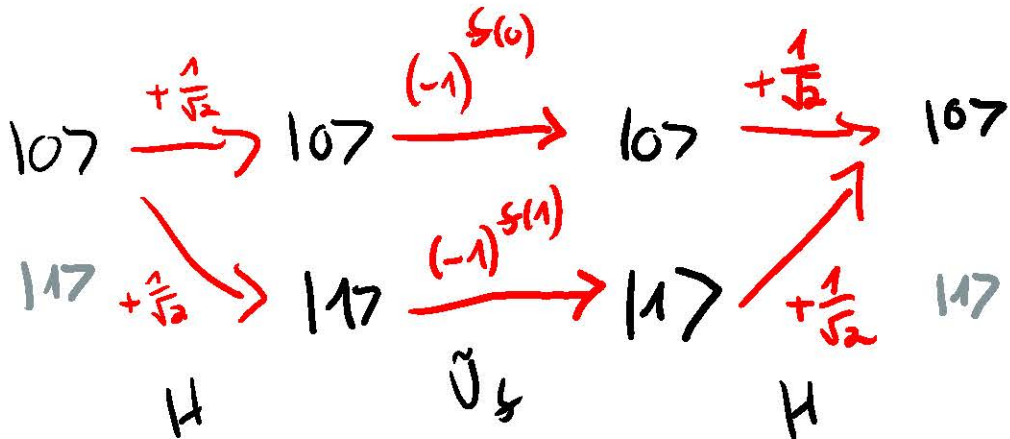
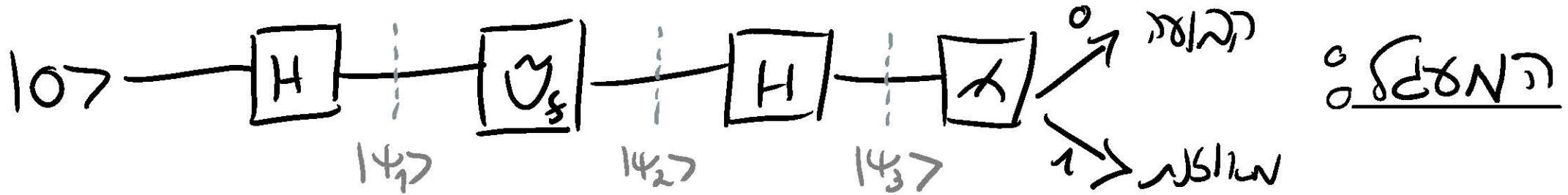
x	f(x)
0	?
1	?

המעלה של ציטל n=1

ההצלה: הכרעה האם $f_0 \in \{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$ היא ללא אולגה כל ה**קבוצה**.

$107 \rightarrow 117 = \frac{1}{\sqrt{2}}(107 + 117)$
 $117 \rightarrow 107 = \frac{2}{\sqrt{2}}(107 - 117)$
 $1x7 \rightarrow 1x7 = \sum_{z \in \{0,1\}} (-1)^{x \cdot z} |z\rangle$

$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$ (ii) שער הצינור
 $|x\rangle \rightarrow \boxed{U_f} \rightarrow (-1)^{f(x)} |x\rangle$ (i) אולגה (ii) פאזה



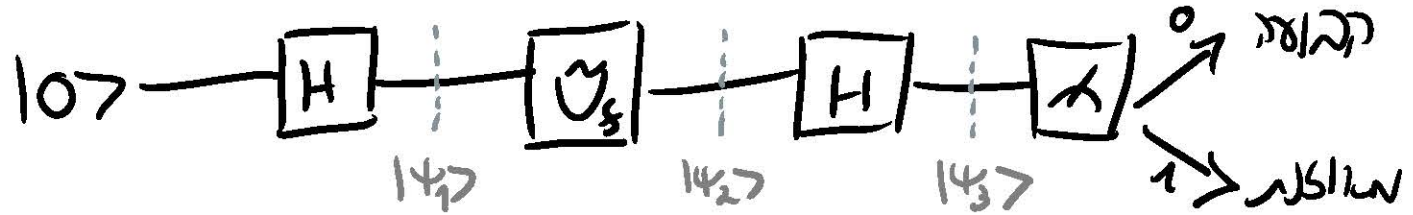
צינור פיימן

f קבוצה: האם $107 \in \{0,1\}$
 f ללא אולגה: האם $107 \in \{0,1\}$

$$|x\rangle \xrightarrow{\sigma_x} (-1)^{f(x)} |x\rangle \quad \begin{matrix} \text{הוק} \\ \text{שמו} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} |0\rangle \xrightarrow{H} |+\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle + |1\rangle) \\ |1\rangle \xrightarrow{H} |-\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle - |1\rangle) \\ |x\rangle \xrightarrow{H} &= \sum_{z \in \{0,1\}} (-1)^{x \cdot z} |z\rangle \end{aligned} \quad \begin{matrix} \text{זה} \\ \text{היה} \end{matrix}$$

מיון n=1 : רצף של דלתא



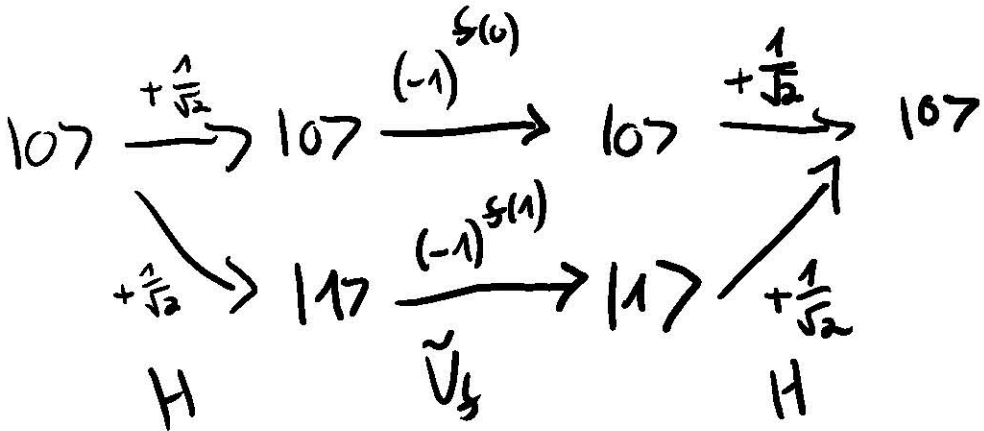
מיון n=1

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle + |1\rangle) = \sum_{x \in \{0,1\}} |x\rangle$$

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} [(-1)^{f(0)} |0\rangle + (-1)^{f(1)} |1\rangle] = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{x \in \{0,1\}} (-1)^{f(x)} |x\rangle$$

$$|\psi_3\rangle = H|\psi_2\rangle = \frac{1}{2} \sum_x (-1)^{f(x)} \sum_z (-1)^{x \cdot z} |z\rangle \Rightarrow \langle 0 | \psi_3 \rangle = \frac{1}{2} \sum_x (-1)^{f(x)} = \begin{cases} 0 & \text{אם } f \text{ אינו קבוע} \\ 1 & \text{אם } f \text{ קבוע} \end{cases}$$

התוצאה היא



התוצאה היא

הבעיה של דויל

נמצא $f: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}^k$ שמבטא k ביטויים לוגיים

• מטרה - הצורך k מביטויים 1
או

• קבוצה k הביטויים להם

כמה קריטאלים f נדרש - כז' דהכריז באופטאל?

קריטאלים $2^{n-1} + 1$ קריטאלים

קריטאלים 2^{n-1} קריטאלים

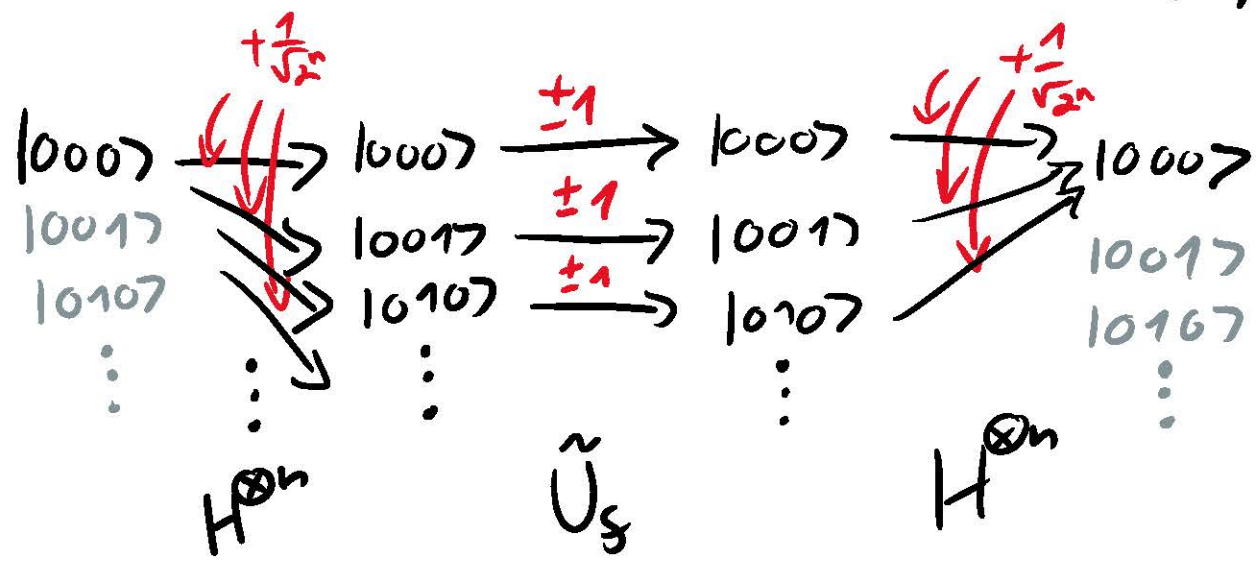
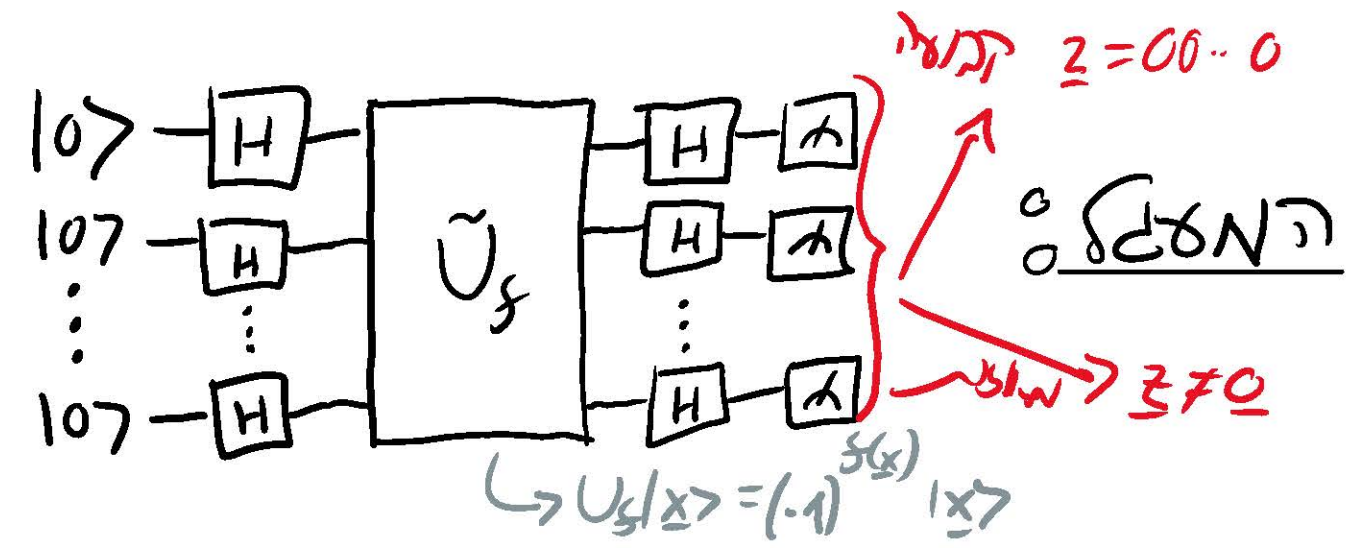
x	$f(x)$
000	?
001	?
010	?
011	?
100	?
101	?
110	?
111	?

המפתח של צ'ורטל: n ביטים

ההצורה: הכרעה האם $\sum_0 \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ היא ללא אסל או קבועה.

x	$f(x)$
000	?
001	?
...	...
111	?

$$\begin{aligned}
 |0\rangle &\xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\
 |0\rangle &\xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\
 |1\rangle &\xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle)
 \end{aligned}
 \left. \begin{aligned}
 &\frac{1}{\sqrt{8}}(|000\rangle - |001\rangle \\
 &+ |100\rangle - \dots \\
 &+ |110\rangle - |111\rangle)
 \end{aligned} \right\}$$



צ'ורטל פיינמן

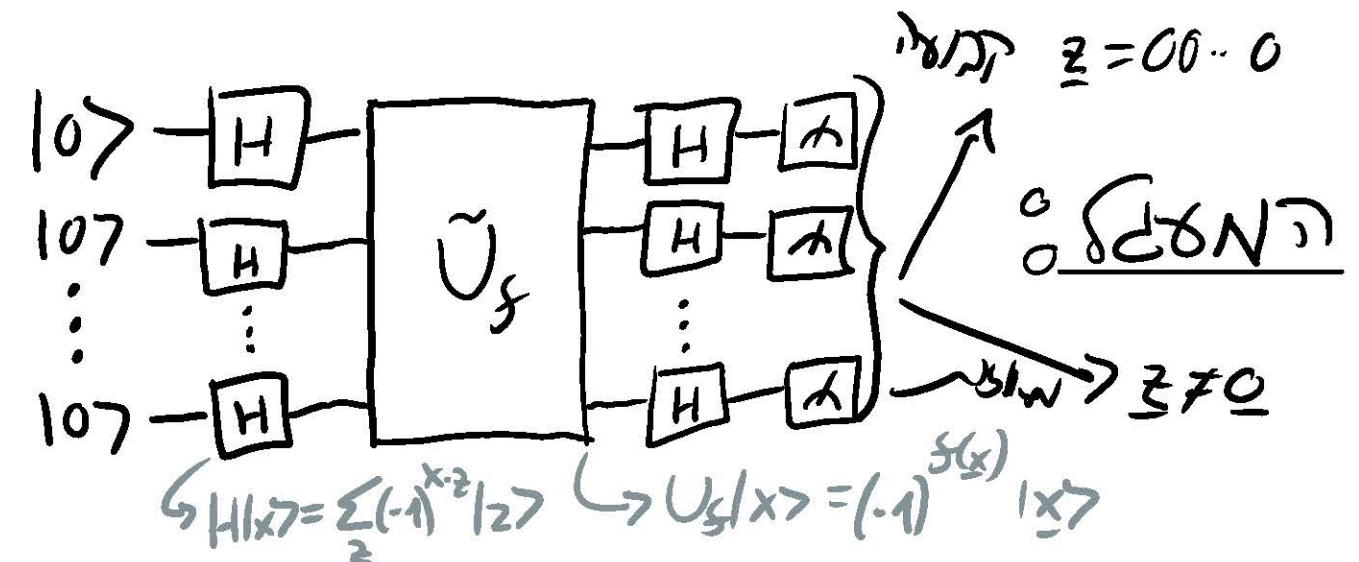
$$\langle 0 | \psi_3 \rangle = \frac{1}{2^n} \sum_x f(x) = \begin{cases} 0 & \text{ללא } f \\ \pm 1 & \text{קבוע } f \end{cases}$$

המפתח של צ'ורטל: n ביטים

ההצורה: הכרטיזו האם $\{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$ הא' למאכל כל הקבוצה.

$$\left. \begin{array}{l} |0\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\ |0\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \\ |1\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \end{array} \right\} \frac{1}{\sqrt{8}}(|000\rangle - |001\rangle + |100\rangle - \dots + |110\rangle - |111\rangle)$$

$H^{\otimes n} |x\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_z (-1)^{x \cdot z} |z\rangle$ בבלטה



$|\psi_0\rangle = |00\dots0\rangle \quad |\psi_1\rangle = |11\dots1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_{x \in \{0,1\}^n} |x\rangle$

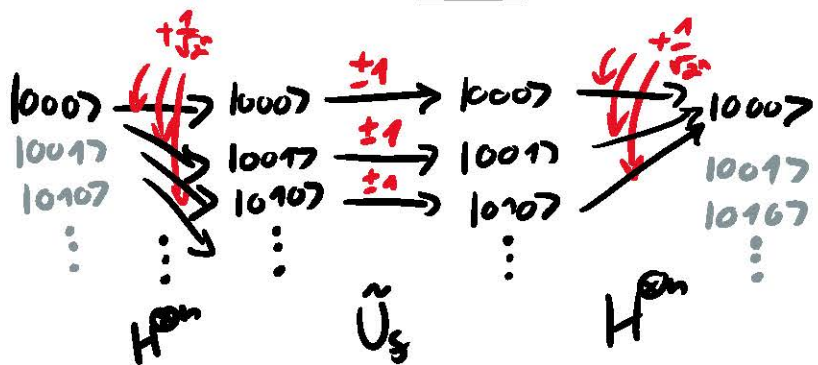
מאכל

$|\psi_2\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_x (-1)^{f(x)} |x\rangle$

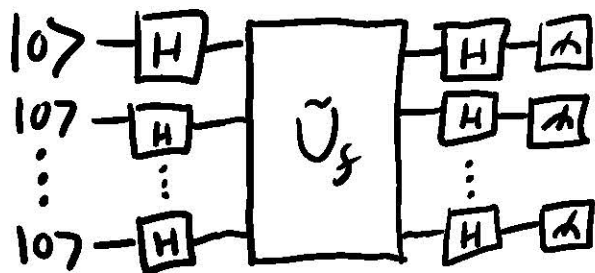
$|\psi_3\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^n}} \sum_x (-1)^{f(x)} H^{\otimes n} |x\rangle = \frac{1}{2^n} \sum_x (-1)^{f(x)} \sum_z (-1)^{x \cdot z} |z\rangle \quad \left| \langle 0 | \psi_3 \rangle = \frac{1}{2^n} \sum_x (-1)^{f(x)} = \begin{cases} 0 & \text{מאכל} \\ \pm 1 & \text{קבוצה} \end{cases} \right.$

אנאליזה ציטע-גראף-סימ

גראף דיפאזיט



המערכת



x	$f(x)$
000	?
001	?
010	?
011	?
100	?
101	?
110	?
111	?

הבעיה זה כריע
 למעשה $\{0,1\} \rightarrow \{0,1\}$
 מאוכל או קבועה

קראוס' - צורת מערכת $2^m + 1$ קראוס'
 קראוס' - הפעולה 3 קראוס' (p, q)
 קראוס' קראוס' אמת

בולמה הוא שונה עימן קואלי

ציטע-גראף \Leftarrow סיימון \Leftarrow שור
 מאוכל-מבנה \Leftarrow פירוק צבועים