

שלום לכולם

בסרטון זה נדבר על אופן חישוב משך הזמן שיקח למעבד לבצע סט פקודות מסוים.
תחילה ניתן מספר מושגים :

▪ CPU Time : משך זמן עבודת המעבד לתוכנית, שאותו נרצה לחשב. (יחידת המידה : שניות sec)

▪ IC : כמות הפעולות הבסיסיות בתוכנית.

▪ CPI : כמות מחזורי השעון שלוקח למעבד לבצע פעולה בסיסית אחת.

▪ CR : כמה מחזורי שעון שמתרחשים בשנייה אחת. (יחידות מידה : $\frac{1}{sec} = Hz$)

▪ CCT : כמה זמן אורך מחזור שעון אחד, כלומר זה ההפך מ CR, לכן $CCT = \frac{1}{CR}$. (יחידת המידה : שניות sec)

אם נכפיל את כמות הפעולות הבסיסיות בתוכנית (IC) בכמות מחזורי השעון שלוקח למעבד לבצע פעולה בסיסית אחת (CPI) נקבל את כמות מחזורי השעון שנדרשים כדי לבצע את כל הפקודות בתוכנית.
אם נחלק את כמות מחזורי השעון הזו בכמות מחזורי השעון שמתבצעים בשנייה אחת (CR) נקבל את כמות השניות שלוקחת התוכנית כולה - וזה המידע שחיפשנו (CPU Time).

➤ דוגמה : נתון שבתוכנית מסוימת יש $2 \cdot 10^9$ פקודות בסיסיות כלומר $IC = 2 \cdot 10^9$ כמות מחזורי השעון שלוקח למעבד לבצע פעולה בסיסית אחת היא 2 מחזורי שעון כלומר $CPI = 2$. וכל מחזור שעון לוקח 10^{-9} שניות - המסקנה מנתון זה היא שבשנייה אחת מתרחשים 10^9 מחזורי שעון, לכן $CR = 10^9$ מחזורי שעון בשנייה.
ננסח בצורה פורמלית את הנוסחה שתיארנו לעיל, נציב את הערכים ונקבל :

$$CPU\ Time = \frac{IC \cdot CPI}{CR} = IC \cdot CPI \cdot CCT = \frac{2 \cdot 10^9 * 2}{10^9} = 4 \text{ (seconds)}$$

זמן עיבוד

IC

CPI

1/CR

$$\text{CPU Time} = \frac{\text{Instructions}}{\text{Program}} \times \frac{\text{Clock cycles}}{\text{Instruction}} \times \frac{\text{Seconds}}{\text{Clock cycle}}$$

↓
זמן העיבוד

↓
כמות הפעולות
בתוכנית

↓
כמות מחזורי
שעון לפעולה

↓
כמות שניות
במחזור שעון

$$\text{CPU time} = \frac{IC \cdot CPI}{CR}$$

מה נעשה אם בתוכנית שלנו יש מספר סוגים שונים של פקודות כך שכל סוג מצריך כמות שונה של מחזורי שעון?
 כלומר CPI שונה לכל סוג של פעולה. במקרה זה נוכל פשוט לסכום כל סוג בנפרד.

נניח אם כן שיש n סוגי פקודות שונים $1, 2, \dots, n$, כך שאת כמות הפקודות מהסוג ה- j נסמן להיות IC_j ,
 וה CPI של פקודה מהסוג ה- j יסומן כ- CPI_j . את משך הזמן שלוקח לבצע רק את הפקודות מהסוג ה- j נסמן כ- $CPU Time_j$.
 נבחין שתדר השעון - כלומר ה CR שמייצג את כמות מחזורי השעון שמתבצעים בשנייה אחת אינו משתנה.
 וכך בודאי גם ה CCT אינו משתנה. ומכאן נקבל את הנוסחה הבאה:

$$CPU Time = \sum_{j=1}^n CPU Time_j = \sum_{j=1}^n \frac{IC_j \cdot CPI_j}{CR} = \left(\sum_{j=1}^n IC_j \cdot CPI_j \right) \cdot CCT$$

נוסחה זו נוחה לשימוש כאשר אנחנו יודעים כמה פקודות יש מכל סוג.

מה נעשה אם למשל אנחנו יודעים כמה פקודות יש בסך הכל, ומהו אחוז הפקודות מכל סוג, אך לא נתון לנו במפורש כמה פקודות יש מכל סוג?
 נוכל לנקוט ב-2 גישות:

▪ אפשרות אחת היא לחשב עבור כל סוג של פקודה כמה פקודות ממנה יש.

לדוגמה אם אנחנו יודעים שיש בסך הכל מיליון פקודות, וש 35% מהפקודות הן מסוג j אז נקבל שכמות הפקודות שהן מהסוג ה- j היא: $IC_j = 10^6 \cdot \frac{35}{100} = 350,000$. כך נוכל לחשב את כמות הפקודות מכל סוג ולהשתמש בנוסחה שלעיל.

▪ אפשרות שנייה היא להשתמש בנוסחה ישירה. נסמן את אחוז הפקודות מהסוג ה- j להיות P_j ונקבל:

$$CPU Time = \sum_{j=1}^n CPU Time_j = \sum_{j=1}^n \frac{IC_j \cdot CPI_j}{CR} = \sum_{j=1}^n \left(IC \cdot \frac{P_j}{100} \right) \cdot CPI_j \cdot CCT = \sum_{j=1}^n 0.01 \cdot IC \cdot P_j \cdot CPI_j \cdot CCT$$

ניתן סיכום קטן לנוסחאות שקיבלנו עד כה :

- אם לכל הפקודות יש אותו CPI, נוכל להשתמש בנוסחה (1)
- אם יש מספר סוגי פקודות, וידועה לנו כמות הפקודות מכל סוג נוכל להשתמש בנוסחה (2)
- אם יש מספר סוגי פקודות, וידועה לנו כמות הפקודות סך הכל, וחלוקת האחוזים לכל סוג פקודה, נוכל להשתמש בנוסחה (3)

$$(1) \text{ CPU Time} = \frac{IC \cdot CPI}{CR} = IC \cdot CPI \cdot CCT$$

$$(2) \text{ CPU Time} = \left(\sum_{j=1}^n IC_j \cdot CPI_j \right) \cdot \frac{1}{CR}$$

$$(3) \text{ CPU Time} = \left(\sum_{j=1}^n 0.01 \cdot P_j \cdot CPI_j \right) \cdot \frac{IC}{CR}$$

הערה חשובה : המעבד החד מחזורי - כשמו כן הוא - מצריך מחזור שעון אחד בלבד לביצוע של כל פעולה בסיסית.
מכאן נסיק נתון חשוב - במעבד החד מחזורי תמיד יתקיים $CPI = 1$.

לעיתים יש שימוש בסימונים נוספים, נציג דרכים להמיר אותם לסימונים המוכרים לנו :

הערות :

1. כאשר נרשום CPI לבד וללא אינדקס, הכוונה היא ל CPI הממוצע.
2. כאשר נרשום IC לבד וללא אינדקס, הכוונה היא לכמות הפקודות בסך הכל מכל הסוגים יחד.
3. הביטוי $\sum_{j=1}^n 0.01 \cdot P_j \cdot CPI_j$ מייצג את ערך ה CPI הממוצע כאשר הוא לא נתון במפורש.
4. כאשר לא ידועה חלוקת האחוזים של סוגי הפקודות ניתן להשתמש בביטוי $(\sum_{j=1}^n IC_j \cdot CPI_j) * \frac{1}{IC}$ כדי לחשב את ערך ה CPI הממוצע.

כעת נעבור להמרות :

- הסימון C שמייצג את מספר מחזורי השעון בתוכנית - ניתן להמיר אותו כך :
- $C = CPI \cdot IC$
- הסימון IPS שמייצג את כמות הפקודות בשנייה :
- $IPS = \frac{CR}{CPI}$
- $MIPS = \frac{CR}{CPI \cdot 10^6}$
- הסימון MIPS מייצג את כמות מיליוני הפקודה בשנייה :
- הסימון T שמייצג את זמן ריצת התוכנית :
- הסימון CCT שמייצג את משך הזמן שלוקח מחזור שעון אחד :
- $T = \text{CPU Time}$
- $CCT = \frac{1}{CR}$

לסיום נדבר על המושג SPEED-UP.

נזכיר שהמושג MIPS מציין כמה מיליוני פקודות המעבד מבצע בכל שנייה - כלומר הוא מייצג את המהירות של הרצת הפקודות במעבד. המושג SPEED-UP קובע את היחס בין המהירויות של שני מעבדים או של שתי תצורות עבודה שונות במעבד. יחס זה הוא היחס בין ערך ה MIPS הגדול יותר כלומר של המעבד המהיר יותר לבין ערך ה MIPS הקטן יותר כלומר של המעבד האיטי. אם ערך ה MIPS של מעבד מסוים גדול יותר, המשמעות היא שהוא מספיק לבצע יותר פקודות בכל שנייה ולכן הוא מהיר יותר, כלומר אם ערך ה MIPS גדול יותר אז משך הזמן שיקח לו לבצע את אותה התוכנית יהיה קטן יותר. מכיוון שתמיד מחלקים את ה MIPS הגדול יותר ב MIPS הקטן יותר, ערכו של הביטוי SPEED-UP יהיה בהכרח גדול או שווה ל 1. הנוסחה לחישוב ה SPEED-UP היא :

$$SPEED\ UP = \frac{MIPS_{big}}{MIPS_{small}}$$

$$MIPS = \frac{CR}{CPI \cdot 10^6} \quad \text{כזכור}$$

נשים לב ל-2 מצבים מיוחדים :

אם מדובר על 2 מעבדים עם CR (כלומר גם אותו ערך CCT) אז על ה SPEED-UP אזי מתקיים :

$$SPEED\ UP = \frac{MIPS_{big}}{MIPS_{small}} = \frac{\frac{CR}{CPI_2 \cdot 10^6}}{\frac{CR}{CPI_1 \cdot 10^6}} = \frac{CPI_1}{CPI_2}$$

לחילופין, כיוון שמדובר על כמות פקודות זהה להשוואה (10^6), אם ה CPI זהה, נשים לב לעובדה המעניינת הבאה :

$$\frac{CCT_2}{CCT_1} = \frac{\frac{1}{CR_2}}{\frac{1}{CR_1}} = \frac{CR_1}{CR_2} = \frac{\frac{CR_1}{CPI}}{\frac{CR_2}{CPI}} = \frac{\frac{CR_1}{CPI \cdot 10^6}}{\frac{CR_2}{CPI \cdot 10^6}} = \frac{MIPS_1}{MIPS_2} = SPEED\ UP$$

כלומר כדי לחשב את מדד ה SPEED UP במצב זה, מספיק לחשב את היחס בין ערכי ה CCT.

ניתן דוגמה מתאימה בה נרצה לחשב את מדד ה SPEED-UP.

בהינתן מעבד צנרת שמשך זמן הביצוע של כל אחד מהשלבים בו הוא :

IF - 300ns , ID - 150ns , EX - 270ns , MEM - 500ns , WB - 100ns

נניח שהתבצעו על המעבד עבודות ייעול, אשר בזכותן זמן הביצוע העדכני של השלבים הינו

IF - 220ns , ID - 100ns , EX - 200ns , MEM - 400ns , WB - 100ns

כזכור במעבד המוצנר, זמן מחזור השעון נקבע לפי משך השלב הארוך ביותר. לכן $CCT_1 = 500ns$ ו- $CCT_2 = 400ns$.

אם כן, מכיוון שמדובר על אותו סוג של פקודות בתוכנית, כלומר אותו CPI ממוצע, נוכל לקבל בפשטות

$$SPEED\ UP = \frac{500\ ns}{400\ ns} = 1.25$$