

استخدام الحاسب الدقيق في حساب الاحداثيات  
الزاوية من الاحداثيات المستوية

علاء محمد حسين

روبرت شكر كيم جيب / الجامعة التكنولوجية

يرتبط المستوى الزاوي (Polar axis) بمعظم العلاقات الرياضية والفيزيائية ذات المجالات التطبيقية المختلفة اذ تعتبر قيم الاحداثيات الزاوية (coordinate polar) الاساس في حساب العلاقات الرياضية وبالتالي تحديد اتجاهات الحركة للكثير من التطبيقات الصناعية والعسكرية . فمثلا تستخدم هذه الاحداثيات لتقدير الاتجاه الزاوي لحركة اذرع الروبوتيات (robotic arms) وبالتالي تحديد اتجاه محور حركتها . كما يمكن استخدامها لحساب اتجاه ميل منظومات الرادار اعتمادا " على رصد الهدف المعادي او في تقدير زاوية ميل منظومات اطلاق القذائف وفي حساب حركة دوران المحركات المستخدمة للسيطرة على موضع واتجاه منظومات الرصد الفلكية (١) ، (٢) .

ان معظم هذه التطبيقات تعتمد على اساليب السيطرة الحديثة والتي تعتمد بدورها على استخدام الحاسب الدقيق كمسيطر مركزي للمنظومة وبالتالي المنغير المراد التحكم به .

يقدم البحث منظومة متكاملة لحساب الاحداثيات الزاوية  
 $(\theta, r)$  اي قيمة الزاوية  $(\theta)$  ونصف القطر الدائري  $(r)$  من  
 قيم الاحداثيات المستوية  $(x)$  و  $(y)$  باستخدام العلاقات  
 المثلثية ادناه :-

$$\theta = \tan^{-1} z \quad \text{where } z = y/x \quad (1)$$

(2)

$$r = \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{2}}$$

اعتماد على اللغة التجميعية للممثل الدقيق (Intel 8085) .  
 تتميز العلاقة الرياضية اللازمة لاستنتاج نصف القطر  
 الزاوي من قيم الأبعاد المستوية باستخدام الحاسب الدقيق  
 والموضحة في المعادلة (2) بعرونتها النسبية مقارنته  
 بعملية استنتاج قيمة الزاوية  $(\theta)$  الموضحة في المعادلة  
 (1) نظرا لكثافة العمليات الحسابية اللازمة لتنفيذها ،  
 لذلك يتم اعطاء الأولوية لحساب قيمة الزاوية بالدققة  
 المطلوبة والسرعة العالية بما يتلائم مع متطلبات التطبيق  
 وكما موضح في الأسلوب المتبع اعلاه ، وعليه فقد اعتمدت  
 اللغة التجميعية للحاسب المستخدمة نظرا لسهولة تخزين  
 البرنامج وسرعة التنفيذ مع إمكانية الاستفادة المباشرة  
 مقارنة بخزن برنامج مماثل بلغة برمجة ذات مستوى اعلى .



٢- خوارزمية برنامج مقلوب ظل الزاوية (θ) ATAN :

يوضح الشكل (١-١) منحنى الدالة  $\theta = \tan^{-1}(y/x)$  لقيم (θ) من (0) إلى (90) درجة حيث تتراوح قيمة الدالة من (0) عند الزاوية (0) إلى (∞) عند قيمة الزاوية (90).  
اعتمد المطور تقطيع المنحنى إلى خطوط مستقيمة صغيرة (Unit lines) وبمضى تغير زاوي يعتمد على ميل منحنى الدالة عند كل قيمة ، إذ يبين شكل (١-١) مقدار تغير الدالة مع الزوايا المناظرة لهذا التغير ، واستناداً للشكل (١-١ ، ١-٢) يلاحظ قيم ميل المنحنى الكبيره نسبياً عند بدايته لذلك يتم اختيار مقدار تجزئة صغير (small unit lines) ومع تصاعد المنحنى أي عند قيم الزوايا الكبيره يبدأ الميل بالتناقص وعند ذلك يتم اختيار مقادير تجزئة أكبر (larger unit lines) ، حيث يتم في كل مرحلة مقارنة قيمة الدالة الحالية مع قيمة مرجعية معينة يتم على فئتها تحديد مقدار تقطيع الدالة ، فلحساب أي موقع عند أي نقطة على الخط يتم إزاحة مقدار الفرق إلى نقطة المرجع وحسب المعادلة (3) أدناه :

$$\theta = \theta_i + \Delta\theta * (n) \quad (3)$$

حيث تم تحديد القيمة (θ) مسبقا وحسبما تم توقيحه .  
يوضح شكل (٣-١) مثال كيفية حساب قيم الزوايا المرادفة  
لقيم الدالة (Z) ابتداءً من القيمة (z, θ) وحتى قيمته  
(z, θ) . ويتبع نفس الأسلوب لحساب بقية قيم الزوايا وذلك  
بخزن القيم المصنوبة مسبقا أي (OIEI, Δθ) على شكل جدول  
انظر ( look up tables ) في ذاكرة الحاسب والموضح في  
الملحق على شكل قطاعات مصنوبة مسبقا ومخزونة بصورة  
متوالية في الذاكرة حيث لكل قطاع بداية عنوان محدد في  
الذاكرة .

لقد اعتمدت هذه الخوارزمية لإمكانية تقليل تعقيد  
الخطأ في حساب قيمة الزاوية وتقليل الفترة الزمنية  
وحيز الذاكرة اللازمة لإيجانها باعتماد الأسلوب الموضح  
اعلاه .

### ٣- تصميم وعمل لمنظومة :

تتألف المنظومة المصممة وكما موضحة في المخطط الكلي  
شكل (٢) من الحاسب الدقيق (SIDK-٨٥) وقطعتين من المحسول  
الكمي / الرقمي نوع (ZNI٢٧) لاستلام قيمة الاحداثيات (Y)  
والاحداثيات (X) والتي تكون قيمتها الترقمية مرادفة للثمن  
الكمية (±٥V) و (±٥V) كدليل إلى الحاسب الدقيق عن طريق

المنافذ (A) و (B) وبالتالي الى المسجلات (H) و (L) على التوالي .

يقوم الحاسب الدقيق بأستدعاء برنامج القسمة الفرعي الذي يستخرج حاصل قسمة الاحداثيين واستنتاج قيمة المتغير (Z) والمتمثل بقيمة الدالة (1) ، حيث يتم بعدئذ ايجاد قيمة الزاوية المناظرة لقيمة الدالة الانية بأستدعاء برنامج حساب مقلوب ظل الزاوية تم عرضها وخرزنها في ذاكرة الحاسب .

ف عند التطبيقات المشار اليها مسبقا يمكن الاستفادة من قيم الزوايا المستنتجة كمتغيرات ضمن المعادلة المرتبطة بالتطبيق الخاص المراد استخدام هذا الاسلوب فيه وذلك باستخدام خرج المعادلة الكمي وتحويله بما يتلائم وطبيعة التطبيق المراد تحقيقه .

٤- برامج المنظومة :

يتكون الكيان البرمجي للمنظومة من عدد من البرامج المنفصلة عن بعضها والتي تترايط فيما بينها من خلال برنامج رئيس يقوم بطلب كل البرامج الثانوية .

أ- البرنامج الرئيس :

يقوم البرنامج الرئيس والموضح بالمخطط الانسيابي

شكل (٣) بالاعمال التالية :-

- 
- اولا - تهيئة وحدة المعالجة المركزية .  
ثانيا- السيطرة على عملية ادخال اشارتي الاحداثيين الى  
المعالج الدقيق .  
ثالثا- تعديل اشارتي الاحداثيين فيما اذا كانت سالبة  
القيمة وتهيئة سجل الاستشعار (Sensing Register)  
وتخصيب موقع الزاوية الى الربع الاول .  
رابعا- السيطرة على البرامج الثانوية .  
خامسا- تصحيح موقع الزاوية الى الربع المناسب اعتمادا  
على قيمة سجل الاستشعار .  
سادسا- حساب قيمة نصف القطر الزاوي (Z) :  
ب - البرامج الفرعية :  
وتتم مجموعة البرامج التالية :-  
اولا - برنامج القسمة :

يقوم هذا البرنامج بعملية قسمة عينة من قيمة  
الاحداثي الاول (Y) على عينة من قيمة الاحداثي  
الثاني (X) كما موضح في المخططات الانسيابية شكل  
(٣٤ ، ٣٤ ، ٣٤) وتكون نتيجة عملية القسمة مقربة  
الى مرتبتين عشريتين بعد الفارزة . تكون عملية  
القسمة على مرحلتين ، يتم في المرحلة الاولى



استنتاج قيمة العدد الصحيح للدالة (Z) ، اصلاً في المرحلة الثانية فيتم استنتاج القيمة العشرية للدالة وتنتم عن طريق استدعاء البرنامج ثانية واجراء القسمة على الباقي. ثم يتم استدعاء البرنامج الفرعي (FDP Sub.) لاجساد القيمة العشرية المرادفة للقيمة الثنائية للدالة (Z) والتي تم الحصول عليها من البرنامج السابق . يعتمد مبدأ عمل هذا البرنامج على تجزئة المسجل (A) الذي يمثل القيمة الكسرية لناتج عملية القسمة ( الى جزئين رئيسيين الاول ويشمل المراتب الثنائية (e-1) والتي تكافئ القيمة العشرية (0.024-0.00) والتي تم تمثيلها على شكل جدول انظر الموضح في الملحق (2) حيث يقوم البرنامج بتحسين قيمة هذه المراتب وبالتالي استنتاج القيمة المرادفة لها من الجدول انظر . اما الجزء الثاني ويشمل المراتب الثنائية (7.6) التي تكافئ القيمة العشرية ( 0.25 - 0.15 ) على التوالي ، ويعتمد حساب القيمة العشرية على قيمة المحتوى الثنائي لهذين المرتبتين والتي تضاف الى القيمة المستنتجة من الجزء الاول ونظراً لضعف القيمة العشرية للمرتبة الثنائية الاولى (Bit 6) التي لا تؤثر على دقة الحساب (Resolution) فتهمل .



## ثانياً - برنامج مقلوب ظل الزاوية :

يوضح الشكل (ع) المخطط الانسيابي لبرنامج حساب مقلوب ظل الزاوية ، اذ يتم استخدام زوج المعجلات (H) و (L) كمواقع لقيمة الدالة (Z) المراد حساب قيمة الزاوية المرادفة لها وتكون مجزئة الي جزئين الجزء الاول الذي يستخدم المسجل (L) ويمثل العدد الصحيح للدالة (Integer Value) أما الجزء الثاني فيكون في المسجل (H) ويحتوي علي القيمة العشرية (Fraction Value) . فلي بداية تنفيذ البرنامج يتم تحديد مقدار تغيير الدالة الانتي ( العدد الصحيح المخزون في المسجل L ) وكما مبين في الحقل الاول في الشكل (٣-١) ، اذ يتم تبعاً لذلك تحديد عنوان موقع بداية القطاع في الجدول انظر الموضح في الملحق (١) .

عند كون قيمة الدالة اقل من (٠.٣٤) يتم ضرب الجزء الحقيقي والمتمثل بمحتويات المسجل (L) بالقيمة (١.٠٤) لتحديد بداية موقع القطاعات الثلاث الاولى والتي تقع ضمن اعدادها القيمة المرادفة للزاوية المراد استنتاجها ، ثم تفاد اليه القيمة (AH) .

---

والتي تمثل المرتبة الأولى من الجزء العشري والموجود في  
المسجل (H) حيث يتم استنتاج العنوان (BA) والذي يمثل  
الذاكرة التي تحوي على مقدار الزيادة (Δ θ) ويتم  
حفظها في المسجل (E). ثم تضاف للعنوان (BA) القيمة  
(1E) لتحديد عنوان الذاكرة التي تحوي على القيمة  
العشرية الابتدائية للزاوية المراد حسابها (θ) وتحتفظ  
في المسجل (C). كما تضاف للعنوان (BA) القيمة (1B)  
أيضا لتحديد عنوان الذاكرة التي تحوي على القيمة  
الحقيقية الابتدائية للزاوية (θI) وتحتفظ في المسجل (B).  
بعد ذلك يتم ضرب القيمة (θ) والتي تمثل المرتبة  
الثانية من الجزء العشري للدالة بمقدار الزيادة (Δ θ)  
والمخزونة في المسجل (E). إذ يتم أخيرا إضافة الناتج  
من هذه العملية (الذي يمثل القيمة النهائية لمقدار  
الزيادة) إلى القيمة الابتدائية للزاوية وتحتفظ ثانية في  
زوج المسجلات (BC).

أما في حالة كون قيمة الدالة ضمن مدى التعبير الثاني  
(٣٠٠) فنحنها يتم أولا تحديد عنوان موقع بداية القطاع  
في الجدول أنظر ثم يتم طرح القيمة (٣٠٠) من المقدار  
الحقيقي للدالة والمخزون في المسجل (B) لتحديد بداية

موقع القطامي المعيني ثم تكرر نفس الخطوات السابقة  
للحصول على مقدار الزيادة (0) والقيمة الابتدائية  
للزاوية (OI) .  
Pi

وحيث ان مقدار التجزئة لمنحني الدالة والموضوح في  
الشكل (٢-١) يتغير بفرق (٠.٠١) عند مدى التغير الثاني  
بدلا من مقدار فرق التجزئة (٠.٠١) عند مدى التغير الاول ،  
ولمحاولة زيادة الدقة في استحصاال النتيجة النهائية  
لقيمة الزاوية عند هذا المدى يتم الاخذ بنظر الاعتبار  
قيمة المرحية العشرية الثانية من مقدار التجزئة (٠.٠١)  
بنسبة النصف اي (٠.٠٠٥) ، فاذا كانت قيمة المرحية  
العشرية الثانية للدالة اكبر من (٥) اي تمثل القيمة  
(٠.٠٠٥) تضاف القيمة (٠.٠١) الى المرحية العشرية ، امسا  
اذا كانت اقل فتهمل لضربها وعدم تأشيرها على الدقة  
المستحقة وكما موضح في المخطط الانسيابي حيث تتكرر بعد  
هذه المرحلة نفس الخطوات السابقة لمرحلة الفرق النهائي  
والقيمة النهائية للزاوية ، اما في حالة كون الدالة ضمن  
مدى التغير الثالث فيكون مقدار التجزئة (٠.٠٥) وتكرر  
نفس الخطوات المثبة في المدى الثاني مع الاخذ بنظر  
الاعتبار مقدار فرق التجزئة لهذه الحالة ، ويتم تكرار  
نفس الاسلوب لمدى التغير الرابع والخامس .



أما عند كون قيمة الدالة أكبر من (١٠٣) فيقوم البرنامج وكما موضح في المخطط بتقريب قيمة الزاوية إلى القيمة التقريبية (٨٩.٥٠) نظرا لتراوح قيم الزاوية المناظرة لقيم الدوال عند هذه القيمة وكما مبين في الشكل (١-١)

ثالثا- برنامج تحديد موقع ربع الزاوية :

يقوم هذا البرنامج وكما موضح بالمخطط الانسيابي الشكل (٦) ، باستنتاج مقدار الاضافة اعتمادا على قيمة مسجل الاستشعار (Sensing Register) وكما مبين في الجدول ادناه :-

مقدار الاضافة k	قيمة مسجل الاستشعار	الربع المحدد
00	00	1
10	01	2
90	10	2
10	11	3
180	01	4
10	10	4
270	11	3
10	00	1

رابعا- برنامج حساب نصف القطر الزاوي (r) :

تقوم هذه البرامج المبينة في شكل (٧) باستنتاج القيمة (r) الموضحة في المعادلة (٢) المرادفة لقيمة الزاوية (0) المحسوبة آنيا ( اعتمادا على قيم



---

الاحداثيات (X) و (Y) حيث يتم استدعاء البرنامج  
الثنائي (MLP) الذي يقوم بتربيع قيمة الاحداثيات ثم  
البرنامج الثنائي (SQR) (٢١٤١٥) الذي يقوم بأيجاد  
قيمة الجذر التربيعي لحامل جمع تربيع قيمة الاحداثيين  
ثم تخزين النتيجة (Z) في الذاكرة .

#### ٥- المناقشة والاستنتاجات :

بعد مناقشة تصميم المنظومة يمكن تحديد اهمية  
الاستنتاجات التي تم التوصل اليها من خلال البحث واهمها :-  
أ - يتميز الاسلوب بإمكانية تحديد مدى تغير الزوايا  
المراد حسابها اعتمادا على طبيعة التطبيق المراد  
استخدامه فيها ، حيث يمكن زيادة الدقة المستهدفة  
بتقليل قيم التجزئة الموضوعة في الشكل رقم (١٣٢)  
اعتمادا على مدى تغير هذه الزوايا ولكن على حساب  
زيادة حصة ذاكرة التخزين .

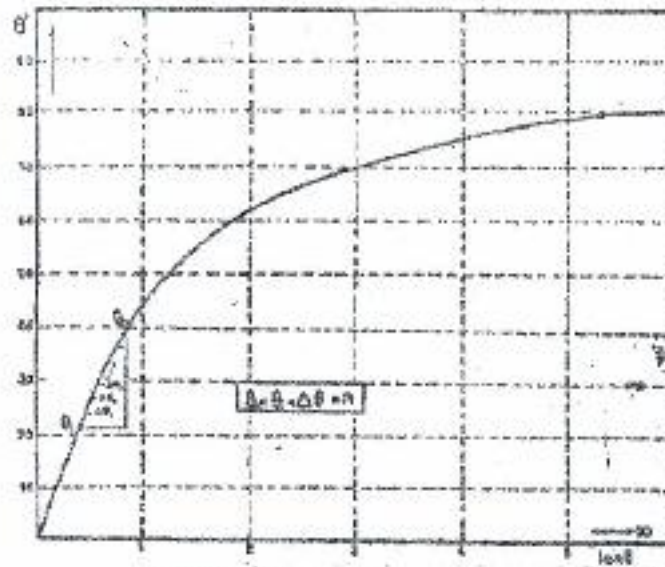
ب - امتاز الكيان المادي للمنظومة باستخدام عدد قليل  
نسبيا من الدوائر الالكترونية اللازمة لتصميمها  
وبالتالي سهولة التعامل معها ،

ج - استغرقت فترة تنفيذ البرنامج الكلي لأيجاد قراءة  
زاوية واحدة مايقارب (٢٢٠ usec) عند استعمال المشغل



1. Luke, Y. L., "Mathematical Functions and their approximations", Academic, Press, New York, 1975.
2. Katz, Paul, "Digital Control Using Microprocessors", Prentice-Hall Int., 1981.
3. Leventhal, L. A., "8080/8085 assembly language, programming", Osborne & Associates, Berkley, CA., 1978.
4. Leventhal, L.A. & Walsh, C. "Microcomputer experimentation with the SDK-85", Prentice-Hall, 1980.
5. Heiseman, David L., "Microprocessor instruction sets & software principles", Prentice-Hall, 1983.

(\* ) Program listing in assembly form may be obtained  
the authors on request.



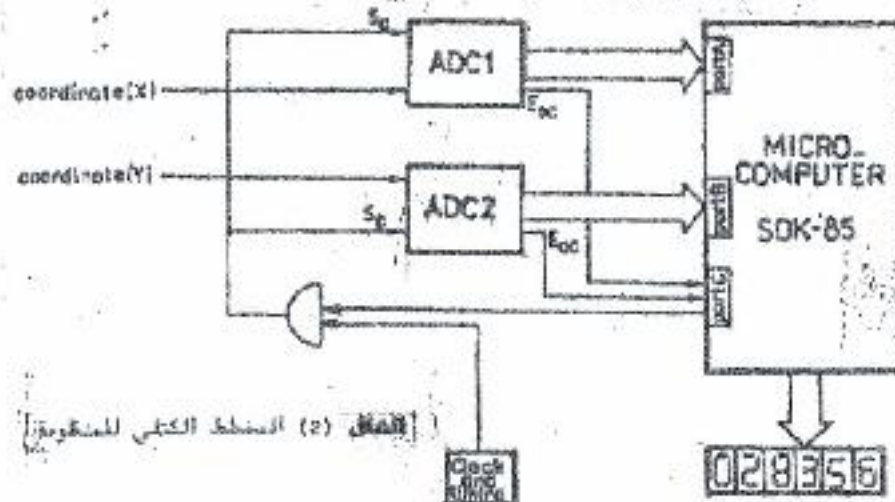
الشكل (1-1) شعاعي الدالة  $Z$  مقدار تغير الدالة  $\theta$  مقدار فرق المستوى  
 الزوايا المتفاوتة

00 -- 05	31.5° -- 31.5°	0.01
05 -- 10	32.5° -- 32.5°	0.18
10 -- 20	34.2° -- 37.5°	0.00
20 -- 30	37.5° -- 39.00°	5.00
30 -- 303	38.00° -- 39.5°	10.00

الشكل (2-2) مقدار تغير الدالة مع الزاوية  $\theta$  الزاوية  $\theta$  (الزاوية  $\theta$ )  
 مقدار الزاوية (الزاوية  $\theta$ )  
 قيمة الزاوية (الزاوية  $\theta$ )  
 المعامل (الزاوية  $\theta$ )

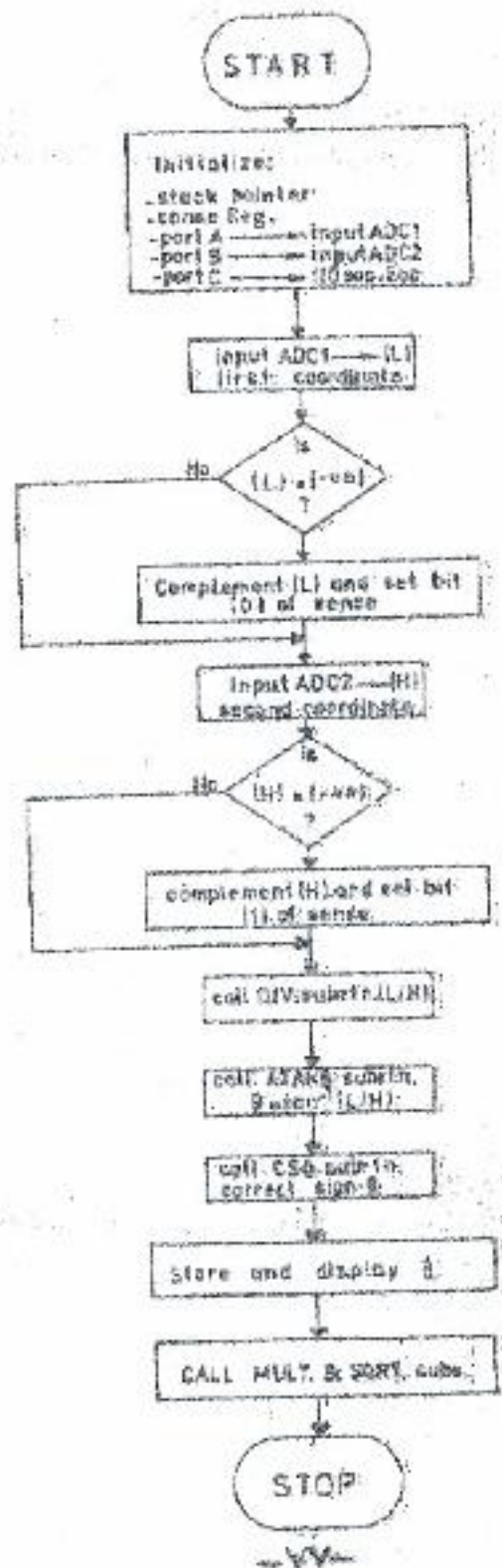
0.40	0.40	$(0 + 0.40) \times 21.00 = 8.40^\circ$	0
0.45	0.40	$(2 + 0.40) \times 21.00 = 59.2^\circ$	2
0.40	0.40	$(8 + 0.40) \times 21.00 = 176.12^\circ$	8

الشكل (3-1) أسلوب حساب قيم الزوايا

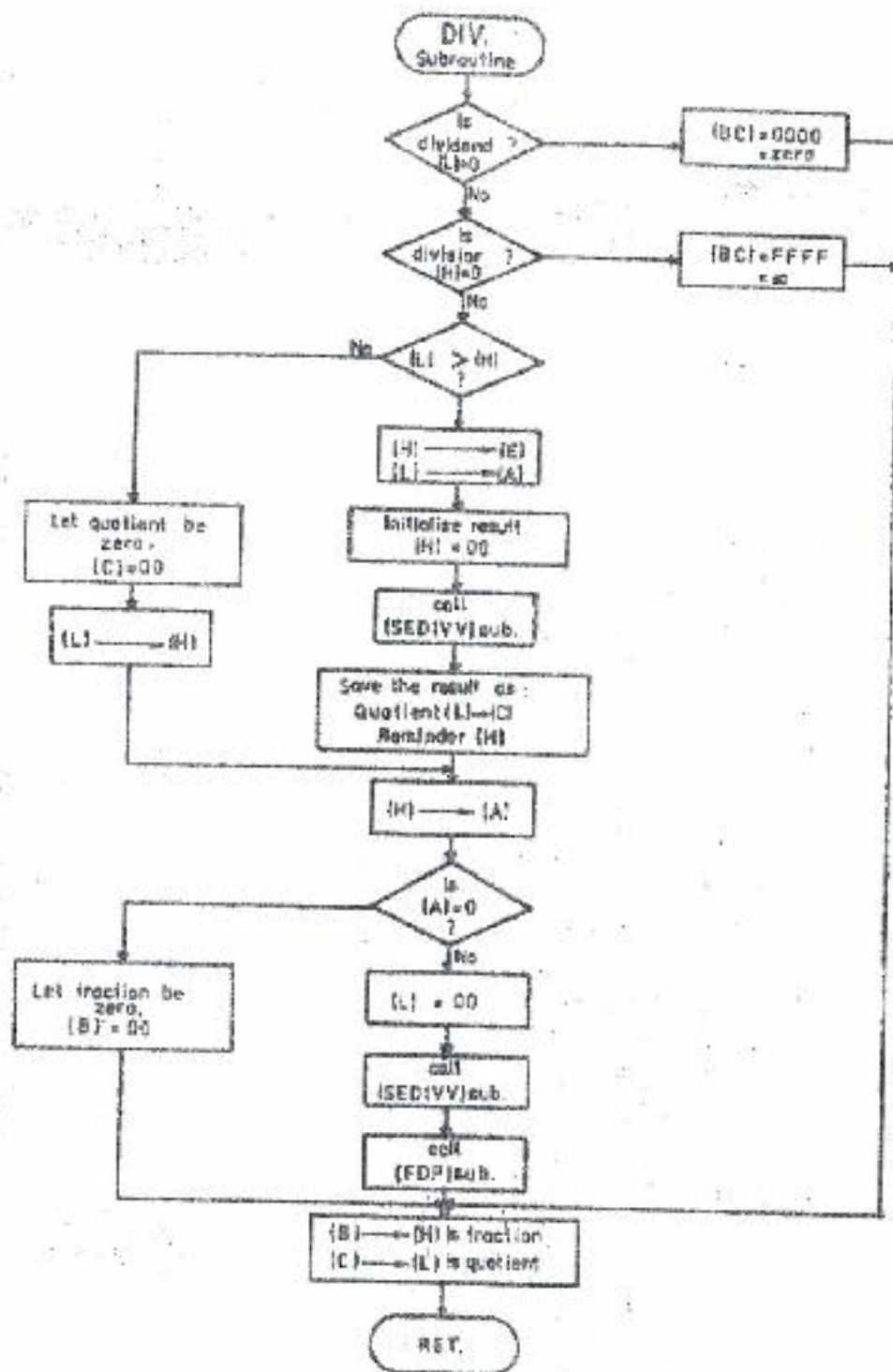


الشكل (2) المنطق الكلي للمنظومة

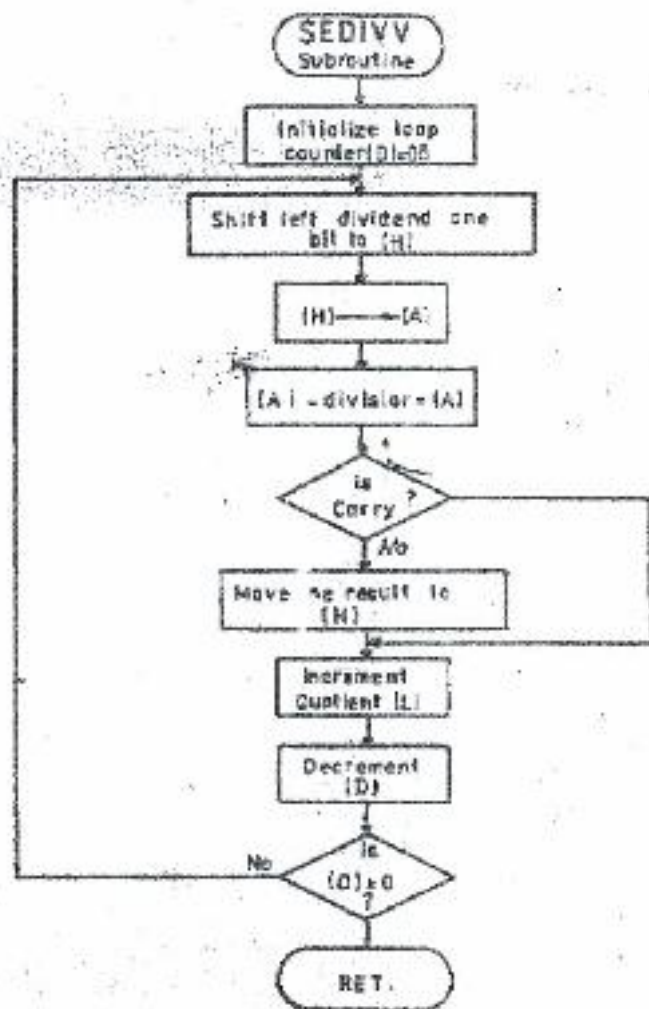




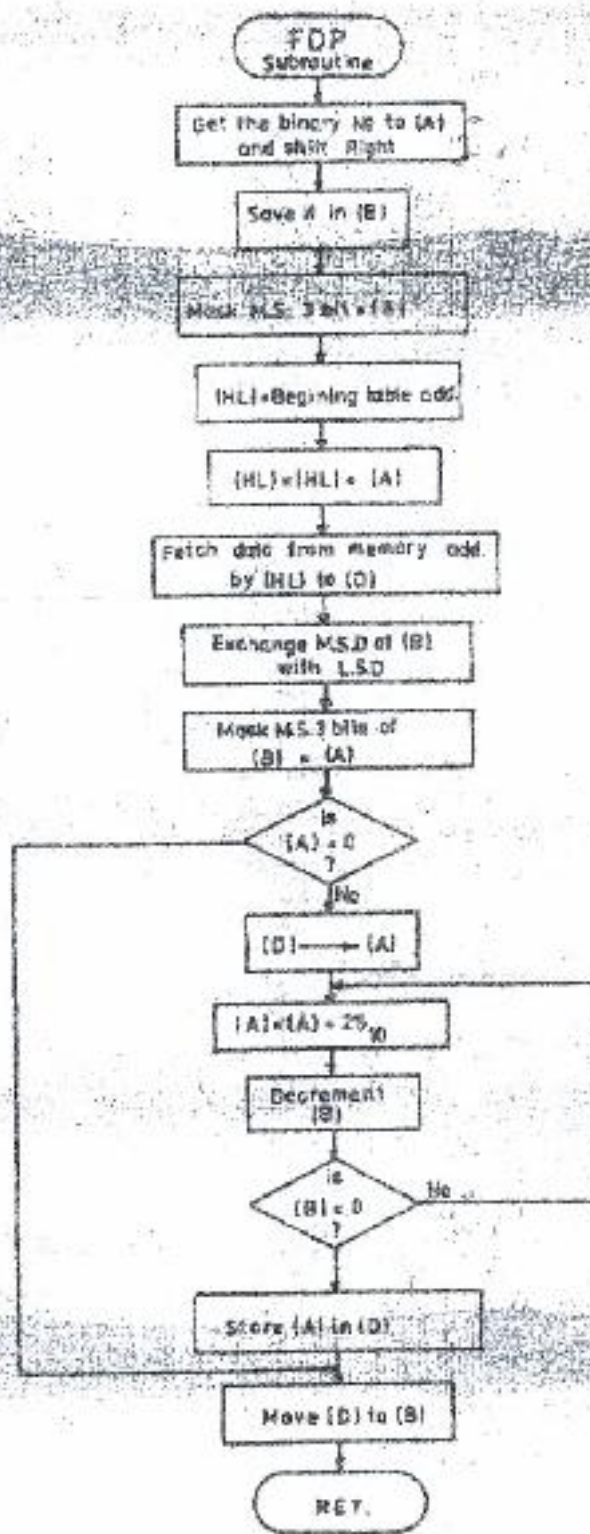
شكل رقم (٧) المخطط البرمجي للبرنامج الرئيسي



الشكل رقم (1-1) برنامج عملية القسمة



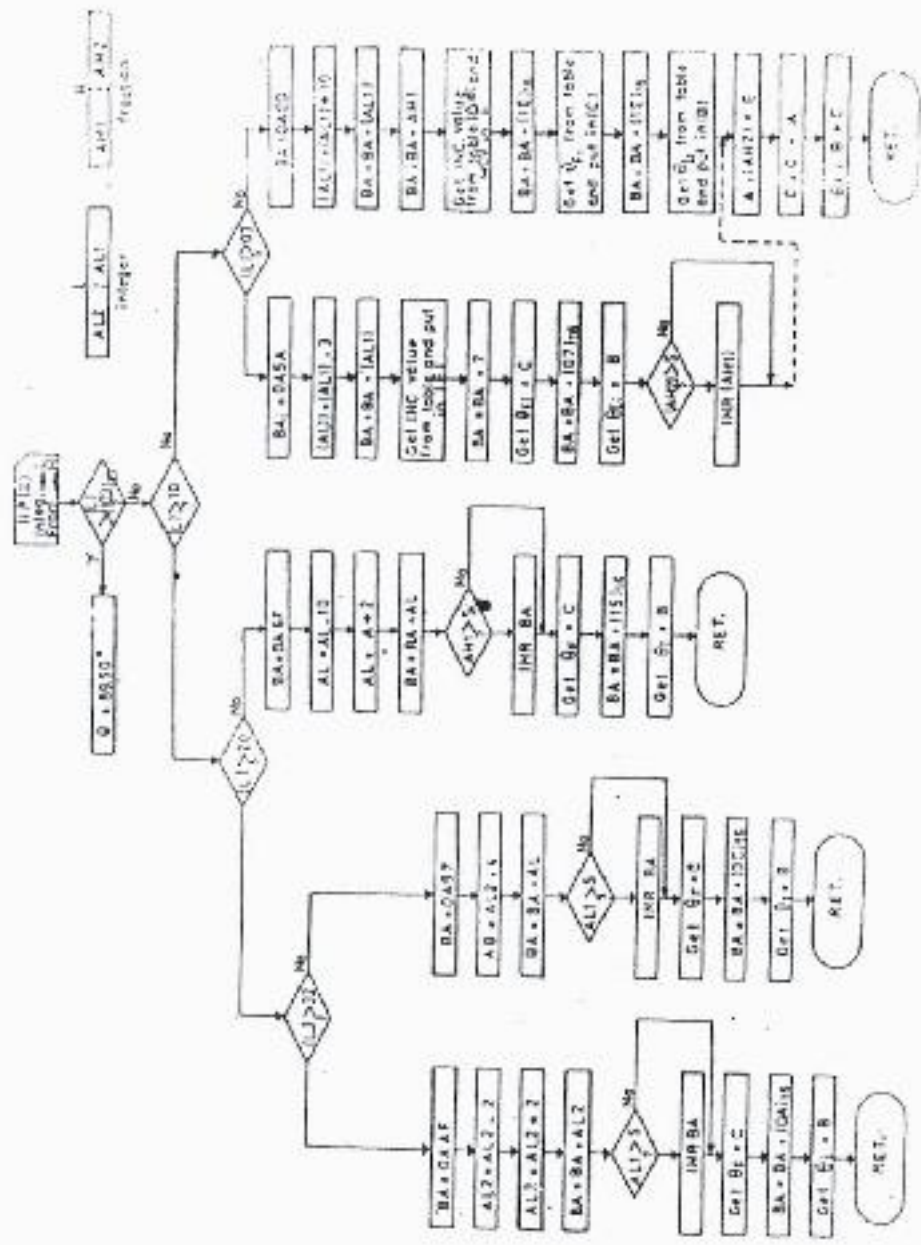
شکل رقم (۲-۴)



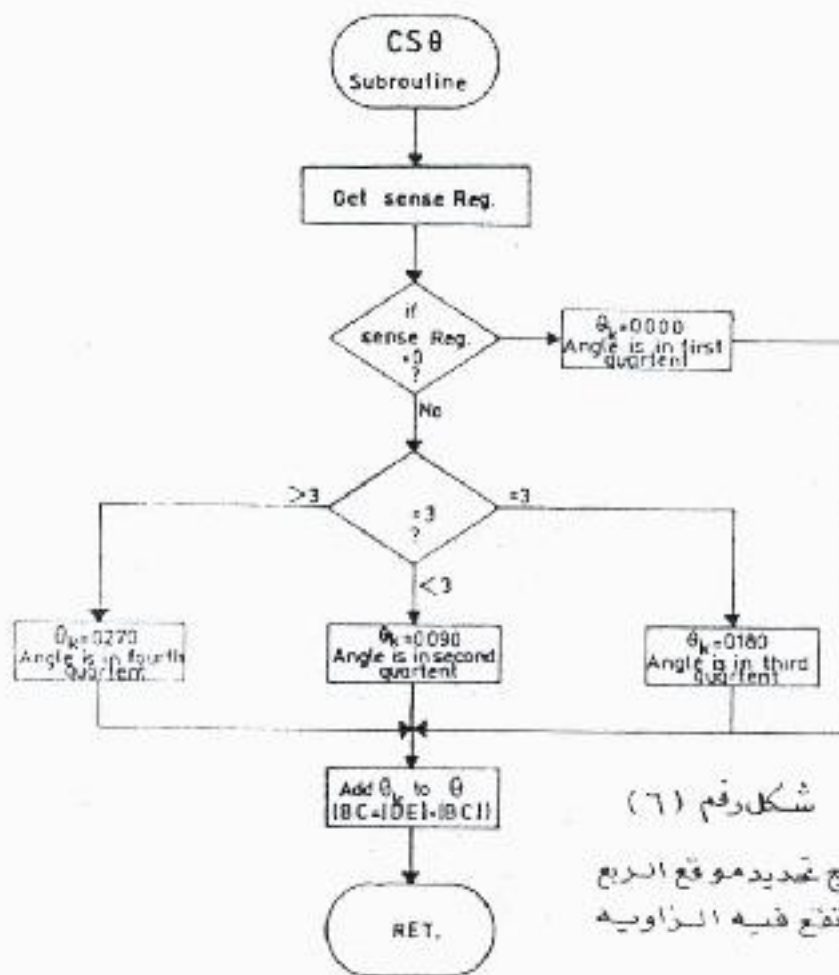
شکل رقم (۲-۲)

- A -



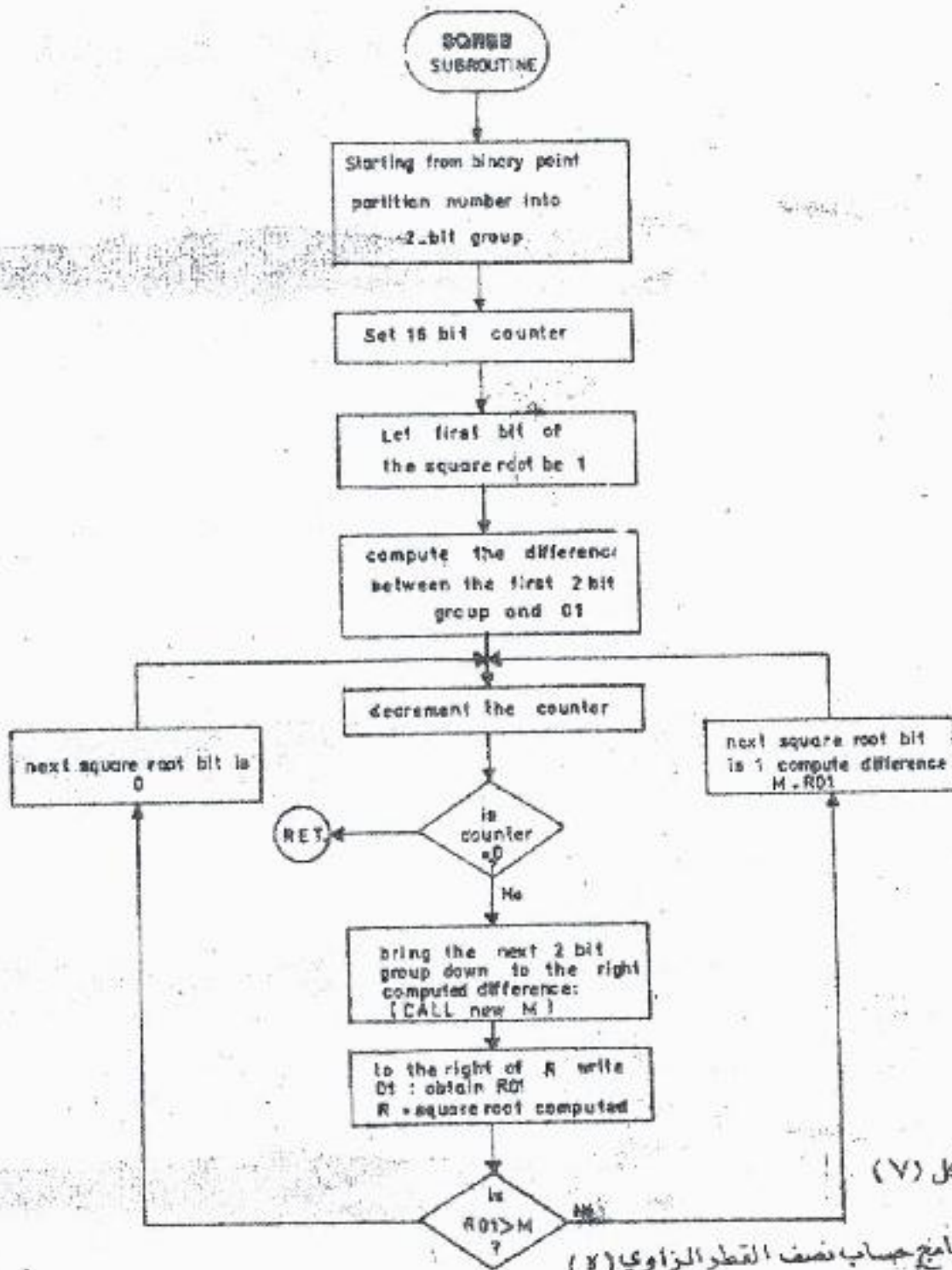


الخطا (٦) برنامج مكتوب ظل البرمجة



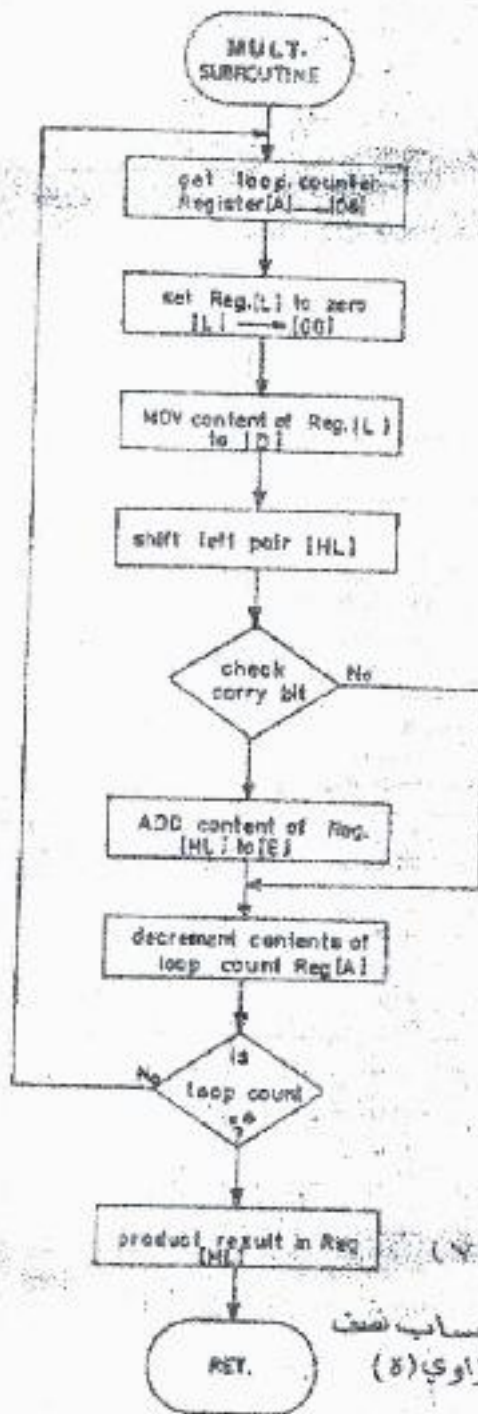
شكل رقم (٦)

برنامج تحديد موقع الربع  
التي تقع فيه الزاوية



شكل (٧)

برنامج حساب نصف القطر الزاوي (٨)



شكل (٧)

برنامج حساب نصف القطر الزاوي (٨)



ملحق 1 الجدول أنظر

Address of Inc.	Increment Value Δg	Address of g1	Address of g2	Initial g1 . g2
00	0.57	30	1E	00.00
01	0.56	30	1F	05.71
02	0.54	38	20	11.31
03	0.51	3E	21	16.70
04	0.49	40	22	21.80
05	0.45	41	23	26.57
06	0.41	42	24	30.96
07	0.37	43	25	34.99
08	0.34	44	26	38.66
09	0.31	45	27	41.99
0A	0.28	46	28	45.00
0B	0.26	47	29	47.73
0C	0.23	48	2A	50.19
0D	0.21	49	2B	52.43
0E	0.19	4A	2C	54.46
0F	0.17	4B	2D	56.31
10	0.16	4C	2E	58.00
11	0.14	4D	2F	59.53
12	0.13	4E	30	60.95
13	0.12	4F	31	62.24
14	0.11	50	32	63.44
15	0.10	51	33	64.55
16	0.10	52	34	65.56
17	0.09	53	35	66.50
18	0.08	54	36	67.38
19	0.08	55	37	68.20
1A	0.07	56	38	68.96
1B	0.07	57	39	69.68
1C	0.06	58	3A	70.35
1D	0.06	59	3B	70.97
1E	0.47	63	61	71.57
1F	0.29	68	62	75.96
5C	0.20	6A	63	78.69
5D	0.14	6B	64	80.54
5E	0.11	6C	65	81.87
5F	0.08	6D	66	82.68
60	0.06	6E	67	83.66

الملاحق 2 الجدول انظر

add.	Value
00	00 Base add. of FDP sub.
01	01
02	01
03	02
04	03
05	04
06	04
07	05
08	06
09	07
0A	08
0B	09
0C	09
0D	10
0E	11
0F	12
10	13
11	13
12	14
13	15
14	16
15	16
16	17
17	18
18	19
19	20
1A	20
1B	21
1C	22
1D	23
1E	23
1F	24