استخدام الحاسب الدقيق في حساب الاحداثيات الزاوية من الاحداثيات المستوية

علاء محمد حسين
روبرت شكري حبيب / الجامعة التكنولوجية

١- المقدمـــــة
:

يرتبط المستوى الزاوي (Polar axis) بمعظم العلاقـــات الرياضية والفيزياوية ذات المجالات التطبيقية المختلفة اذ تعتبر قيم الاحداثيات الزاويـــــة (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 الروبوطيات (robotic arms) وبالتالي تحديد اتجاه محـور حركتها . كما يمكن استخدامها لحساب اتجاه ميل منظومـــات الرادار اعتمادا" على رصد الهدف المعادي او في تقديـــر زاوية ميل منظومات اطلاق القذائف وفي حساب حركـــة دوران المحركات المستخدمة للسيطرة على موضع واتجاه منظومـــات الرصد الفلكية (١) ، (٢) .

ان معظم هذه التطبيقات تعتمد على اساليب السيطـــرة الحديثة والتي تعتمد بدورها على استخدام الحاسب الدقيـق كمسيطر مركزي للمنظومة وبالتالي المتغير المراد التحكم بـــه .

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

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

$$r = \sqrt{(x^2 + y^2)} \qquad (2)$$

اعتماد على اللغة التجميعية للمشغل الدقيق (Intel 8085) .

تتميز العلاقة الرياضية اللازمة لاستنتاج نصف القطر الزاوي من قيم الابعاد المستوية باستخدام الحاسب الدقيق والموضحة في المعادلة (2) بمرونتها النسبية مقارنة بعملية استنتاج قيمة الزاوية (θ) الموضحة في المعادلة (1) نظرا لكثافة العمليات الحسابية اللازمة لتنفيذها ، لذلك يتم اعطاء الاولوية لحساب قيمة الزاوية بالدقة المطلوبة والسرعة العالية بما يتلائم مع متطلبات التطبيق وكما موضح في الاسلوب المتبع اعلاه ، وعليه فقد اعتمدت اللغة التجمعية للحاسب المستخدمة نظرا لسهولة خزن البرنامج وسرعة التنفيذ مع امكانية الاستفادة المباشرة مقارنة بخزن برنامج مماثل بلغة برمجة ذات مستوى اعلى .

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

يوضح الشكل (٣-١) منحني الدالة $\theta=\tan^{-1}(y/x)$ لقيم (θ) من (0°) الى (٩٠°) درجة حيث تتراوح قيمة الدالة من (0) عند الزاوية (0) الى (٥٥) عند قيمة الزاوية (٩٠°). اعتمد اسلوب تقطيع المنحني الى خطوط مستقيمة صغيره (Unit lines) وبمدى تغير زاوي يعتمد على ميل منحني الدالة عند كل قيمة ، اذ يبين شكل (٣-١) مقدار تغير الدالة مع الزوايا المناظرة لهذا التغيير ، واستنادا للشكل (٣-١ ، ٣-١) يلاحظ قيم ميل المنحني الكبيره نسبيا عند بدايته لذلك يتم اختيار مقدار تجزئة صغيرة (small unit lines) ، ومع تصاعد المنحني اي عند قيم الزاويا الكبيره يبدأ الميل بالتناقص وعند ذلك يتم اختيار مقادير تجزئة اكبر (larger unit lines) ، حيث يتم في كل مرحلة مقارنة قيمة الدالة الانية مع قيمة مرجعية معينه يتم على ضوئها تحديد مقدار تقطيع الدالة . فلحساب اي موقع عند أي نقطة على الخط يتم اضافة مقدار الفرق الى نقطة المرجع وحسب المعادلة (3) ادناه :

$$\theta = \theta i + \Delta\theta * (n) \qquad (3)$$

حيث تم تحديد القيمه (θ) مسبقا وحسبما تم توضيحه .

يوضح شكل (٣-١) مثال كيفية حساب قيم الزوايا المرادفة لقيم الدالة (z) ابتداء من القيمة (٠,٤) وحتى قيمة (٠,٥) . ويتبع نفس الاسلوب لحساب بقية قيم الزوايا وذلك بخزن القيم المحسوبة مسبقا اي (OIEi,Δθ) على شكل جدول انظر (look up tables) في ذاكرة الحاسب والموضح في الملحق على شكل قطاعات محسوبة مسبقا ومخزونة بصورة متوالية في الذاكرة حيث لكل قطاع بداية عنوان محدد في الذاكرة .

لقد اعتمدت هذه الخوارزمية لامكانية تقليل نسبة الاخطاء في حساب قيمة الزاوية وتقليص الفترة الزمنية وحيز الذاكره اللازمة لايجادها باعتماد الاسلوب الموضح اعلاه .

٣- تصميم وعمل لمنظومة :

تتألف المنظومة المصممة وكما موضحة في المخطط الكتلي شكل (٢) من الحاسب الدقيق (SDK-٨٥) وقطعتين من المحول الكمي / الرقمي نوع (ZN٤٢٧) لاستلام قيمة الاحداثي (Y) والاحداثي (X) والتي تكون قيمها الرقمية مرادفة للقيم الكمية (٥V-) و (٥V+) كمدخل الى 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 (ا) ، حيث يتم بعدئذ ايجاد قيمة الزاوية المناظرة لقيمة الدالة الانية بأستدعاء برنامج حساب مقلوب ظل الزاوية ثم عرضها وخزنها في ذاكرة الحاسب .

ضمن 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 وتحويره بما يتلائم وطبيعة التطبيق المراد تحقيقه .

٤- برامجيات المنظومة :

يتكون الكيان البرمجي للمنظومة من عدد من البرامج المنفصلة عن بعضها والتي تترابط 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 مسجل الاستشعار (Sensing Register) وتنسيب موقع الزاوية الى الربع الاول .

رابعا- السيطرة على البرامج الثانوية .

خامسا- تصحيح موقع الزاوية الى الربع المناسب اعتمادا على قيمة مسجل الاستشعار .

سادسا- حساب قيمة نصف القطر الزاوي (r) .

ب - البرامج الفرعية :

وتضم 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) ، اما في المرحلة الثانية فيتم استنتاج القيمة العشرية للدالة وتتم عن طريق استدعاء البرنامج ثانية واجراء القسمة على الباقي. ثم يتم استدعاء البرنامج الفرعي (FLP Sub.) لايجاد 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 (١-٥) والتي تكافئ القيمة العشرية (٠،٠-٠،٢٤) والتي تم تمثيلها على شكل جدول انظر الموضح في الملحق (٢) حيث يقوم البرنامج بتحسس قيمة هذه المراتب وبالتالي استنتاج القيمة المرادفة لها من الجدول انظر . اما الجزء الثاني ويشمل المراتب الثنائية (٦،٧) التي تكافئ القيمة العشرية (٠،٢٥ - ٠،٥) على التوالي ، ويعتمد حساب القيمة العشرية على قيمة المحتوى الثنائي لهذين المرتبتين واضافتها الى القيمة المستنتجة من الجزء الاول ونظراً لصغر القيمة العشرية للمرتبة الثنائية الاولى (Bit 0) التي لاتؤثر على دقة الحساب (Resolution) فتهمل .

ثانيا- برنامج مقلوب ظل الزاوية :

يوضح الشكل (٥) المخطط الانسيابي لبرنامج حساب مقلوب ظل الزاوية ، اذ يتم استخدام زوج المسجلات (H) و (L) كموقع لقيمة الدالة (Z) المراد حساب قيمة الزاوية المرادفة لها وتكون مجزئة الى جزئين الجزء الاول الذي يستخدم المسجل (L) ويمثل العدد الصحيح للدالة (Integer Value) أما الجزء الثاني فيكون في المسجل (H) ويحتوي على القيمة العشرية (Fraction Value) . ففي بداية تنفيذ البرنامج يتم تحديد مقدار تغيير الدالة الاني (العدد الصحيح المخزون في المسجل L) وكما مبين في الحقل الاول في الشكل (٣-١) ، اذ يتم تبعا لذلك تحديد عنوان موقع بداية القطاع في الجدول انظر الموضح في الملحق (١) .

عند كون قيمة الدالة اقل من (٠,٠٣) يتم ضرب الجزء الجذيري والمتمثل بمحتويات المسجل (L) بالقيمة (١٠,٠) لتحديد بداية موقع القطاعات الثلاث الاولى والتي تقع ضمن احداها القيمة المرادفة للزاوية المراد استنتاجها ، ثم تضاف اليه القيمة (AH)

والتي تمثل المرتبة الاولى من الجزء العشري والموجود في المسجل (B) حيث يتم استنتاج العنوان (BA) والذي يمثل الذاكرة التي تحوي على مقدار الزيادة (Δθ) ويتم حفظها في المسجل (E) . ثم تضاف للعنوان (BA) القيمة (1E) لتحديد عنوان الذاكرة التي تحوي على القيمة العشرية الابتدائية للزاوية المراد حسابها (θ of) وتحفظ في المسجل (C) . كما وتضاف للعنوان (BA) القيمة (1E) ايضا لتحديد عنوان الذاكرة التي تحوي على القيمة الحقيقية الابتدائية للزاوية (θI) وتحفظ في المسجل(B).

بعد ذلك يتم ضرب القيمة (AH) والتي تمثل المرتبة الثانية من الجزء العشري للدالة بمقدار الزيادة (Δθ) والمخزونة في المسجل (E) ، اذ يتم اخيرا اضافة الناتج من هذه العملية (الذي يمثل القيمة النهائية لمقدار الزيادة) الى القيمة الابتدائية للزاوية وتحفظ ثانية في زوج المسجلات (BC) .

اما في حالة كون قيمة الدالة ضمن مدى التغير الثاني ($\pi/4$ - $\pi/2$) فانها يتم اولا تحديد عنوان موقع بداية القطاع في الجدول انظر ثم يتم طرح القيمة ($\pi/4$) من المقدار الحقيقي للدالة والمخزون في المسجل (L) لتحديد بداية

موقع القطاعي المعني ثم تكرر نفس الخطوات السابقة للحصول على مقدار الزيادة (Δ O) والقيمة الابتدائية للزاوية (O_{P1} I) .

وحيث ان مقدار التجزئة لمنحني الدالة والموضح في الشكل (١-٣) يتغير بفرق (٠,١) عند مدى التغير الثاني بدلا من مقدار فرق التجزئة (٠,٠١) عند مدى التغير الاول ، ولمحاولة زيادة الدقة في استحصال النتيجة النهائية لقيمة الزاوية عند هذا المدى يتم الاخذ بنظر الاعتبار قيمة المرتبة العشرية الثانية من مقدار التجزئة (٠,١) بنصف النصف اي (٠,٠٥) ، فاذا كانت قيمة المرتبة العشرية الثانية للدالة اكبر من (٥) (اي تمثل القيمة ٠,٠٥) تضاف القيمة (٠,١) الى المرتبة العشرية ، اما اذا كانت اقل فتهمل لصغرها وعدم تأثيرها على الدقة المستحصلة وكما موضح في المخطط الانسيابي حيث تتكرر بعد هذه المرحلة نفس الخطوات السابقة لمعرفة الفرق النهائي والقيمة النهائية للزاوية . اما في حالة كون الدالة ضمن مدى التغيير الثالث فيكون مقدار التجزئة (٠,٠٥) وتكرر نفس الخطوات المتبعة في المدى الثاني مع الاخذ بنظر الاعتبار مقدار فرق التجزئة لهذه الحالة ، ويتم تكرار نفس الاسلوب لمدى التغير الرابع والخامس .

اما عند كون قيمة الدالة اكبر من (١٠٣) فيقوم البرنامج وكما موضح في المخطط بتقريب قيمة الزاوية الى القيمة التقريبية (٨٫٠٥٠) نظرا لتراوح قيم الزاويا المتناظرة بقيم الدوال عند هذه القيمة وكما مبين في الشكل (١-٣)

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 :-

الربع المحدد	قيمة مسجل الاستشعار	مقدار الاضافة 0_k
1	00_2	00_{10}
2	10_2	90_{10}
3	11_2	180_{10}
4	01_2	270_{10}

رابعا- برنامج حساب نصف القطر الزاوي (Σ) :

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

الاحداثيات (X) و (Y) حيث يتم استدعاء البرنامج الثانوي (MLT.) الذي يقوم بتربيع قيمة الاحداثي ثم البرنامج الثانوي (SQR.) (٣،٤،٥) الذي يقوم بأيجاد قيمة الجذر التربيعي لحاصل جمع تربيع قيمة الاحداثيين ثم خزن النتيجة (Z) في الذاكرة .

٥- المناقشة والاستنتاجات :

بعد مناقشة تصميم المنظومة يمكن تحديد اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها من خلال البحث واهمها :-

أ - يتميز الاسلوب بأمكانية تحديد مدى تغير الزوايا المراد حسابها اعتمادا على طبيعة التطبيق المراد استخدامه فيها ، حيث يمكن زيادة الدقة المستحصلة بتقليل قيم التجزئة الموضحة في الشكل رقم (٣٢) اعتمادا على مدى تغير هذه الزوايا ولكن على حساب زيادة سعة ذاكرة الخزن .

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

ج - استغرقت فترة تنفيذ البرنامج الكلي لايجاد قراءة زاوية واحدة مايقارب (٣٢٠ usec.) عند استعمال المشغل

الدقيق (8085AH) ذو زمن تنفيذ الحالة (State Time=0.2 uSec) والذي يستخدم تردد بلوري قدره (10 MHZ) ، اذ يمكن اعتبار هذا الوقت مناسب للتطبيقات التي تتطلب سرعة عالية في المعالجات والاستنتاجات .

د - لقد تم استخدام الاسلوب المتبع في البحث لاستنتاج قيم الزوايا بدقة مرتبتين عشريتين عند استخدام مشغل دقيق بمواصفات (٨-bit) وبالامكان زيادة هذه الدقة باستخدام حاسب دقيق ذو مواصفات (١٦-bit) وعندها يزداد عامل الدقة في التطبيق المناسب .

هـ- ان قيمة اقصى زاوية يمكن التوصل الى حسابها باستخدام الاسلوب المتبع هو (٨٩٠٦٥) ، اي ان نسبة الخطأ تعادل (٩٩٠٦١%) عند حساب اقصى زاوية .

المصادر

1. Luke, Y. L., "Mathematical Fuctions and their approximatons", Academic, Press, New York, 1975.

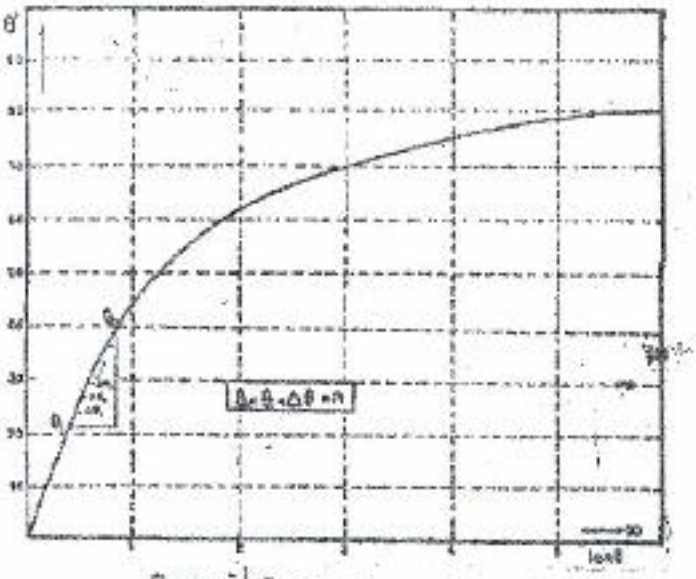
2. Katz, Paul, "Digital Control Using Microprocessors", Prentic-Hall Int., 1981.

3. Leventhal, L. A.,"8080/8085 assembly language, programming", Osborne & Assosiates, 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 assembley form may be obtained the authore on request.



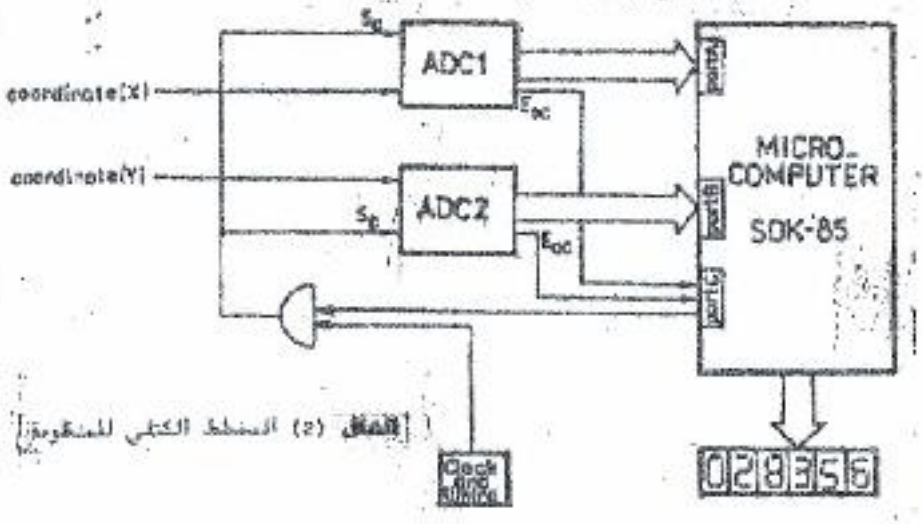
الشكل (1-1) منحنى الدالة $Z = \sin^{-1}\theta$

مقدار تغير الدالة (x)	الزوايا المحفوظة	مقدار فرق الجدولة
00 ~ 01	0.0° — 71.5°	5.01
01 — 10	71.5° ~ 84.2°	0.38
10 ~ 20	84.2° — 87.1°	0.80
20 ~ 32	87.1° ~ 88.09°	5.00
32 ~ 103	88.09° - 89.5°	10.50

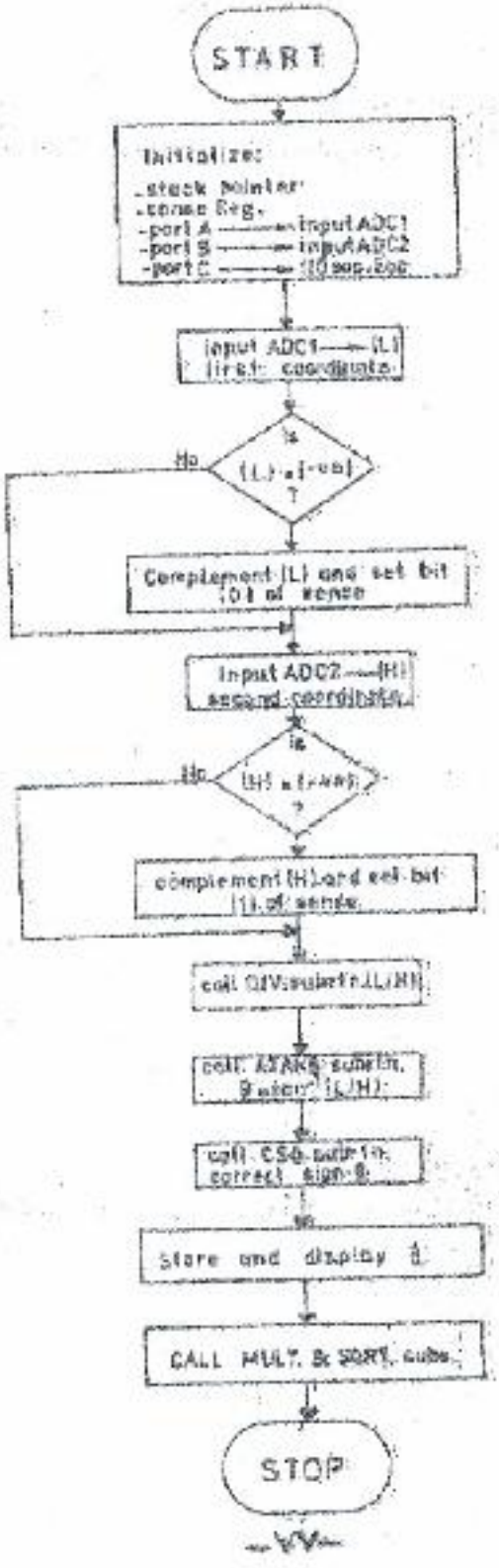
الشكل (1-2) مقدار تغير الدالة مع الزاوية (θ)

المعامل (n)	قيمة الزاوية (θ)	مقدار الزيادة (Δθ)	قيمة الدالة (x)
0	(0+0.48)*21.80 = 21.6°	0.48	0.40
1	(3*0.48)*21.80 = 23.2°	3*0.48	0.43
2	(6*0.48)+21.80 = 26.12°	6*0.48	0.48

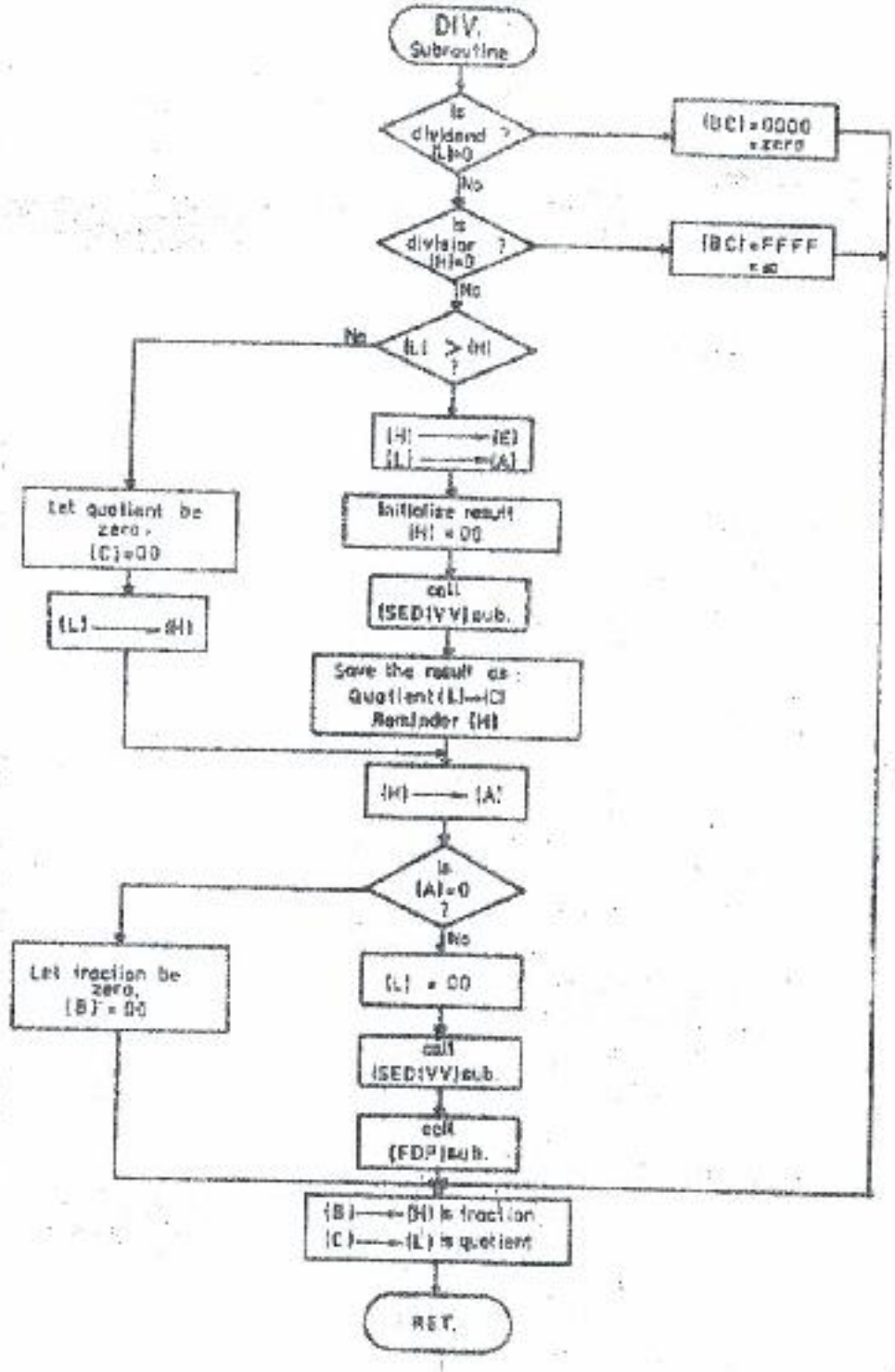
الشكل (1-3) اسلوب حساب قيم الزوايا



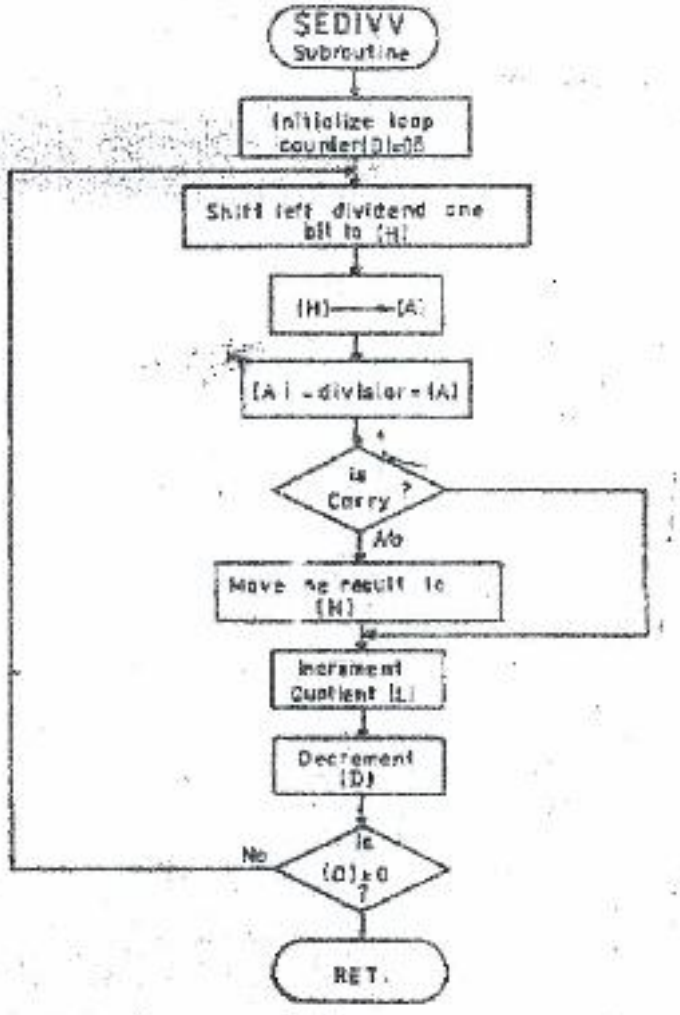
الشكل (2) المخطط الكتلي للمنظومة



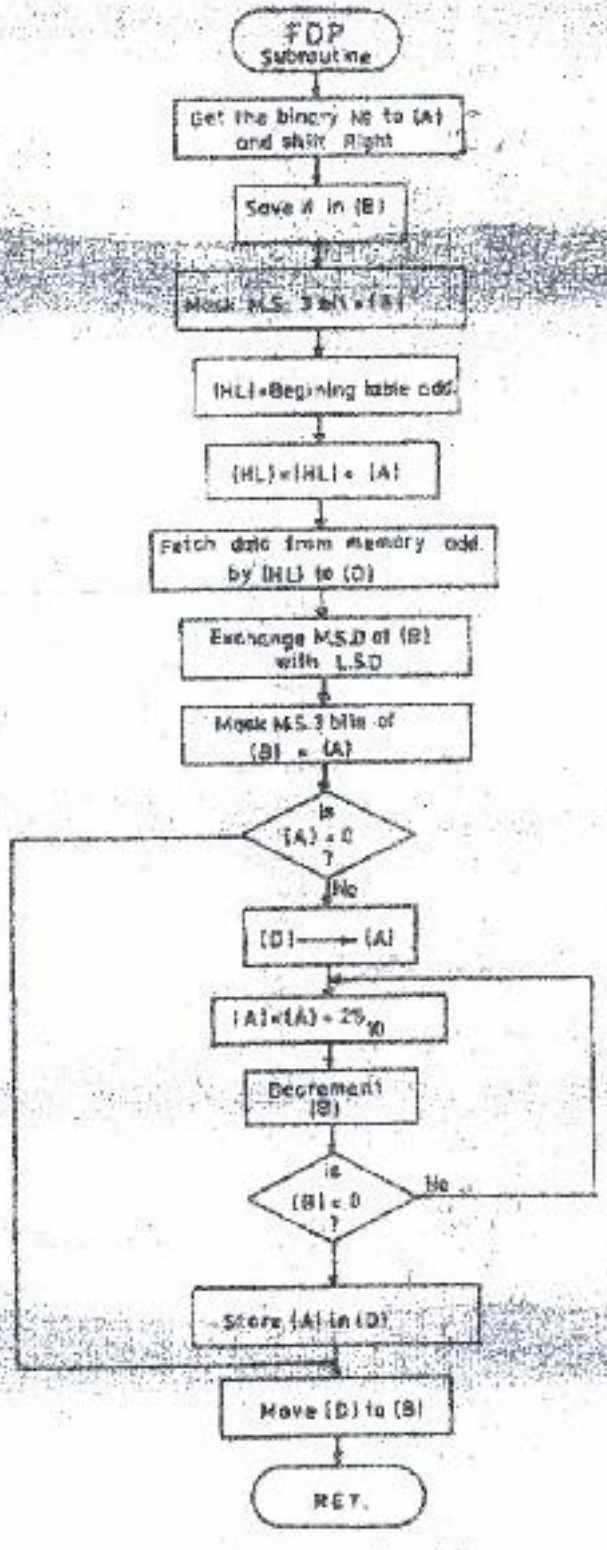
شكل رقم (٢) المخطط الانسيابي للبرنامج الرئيسي



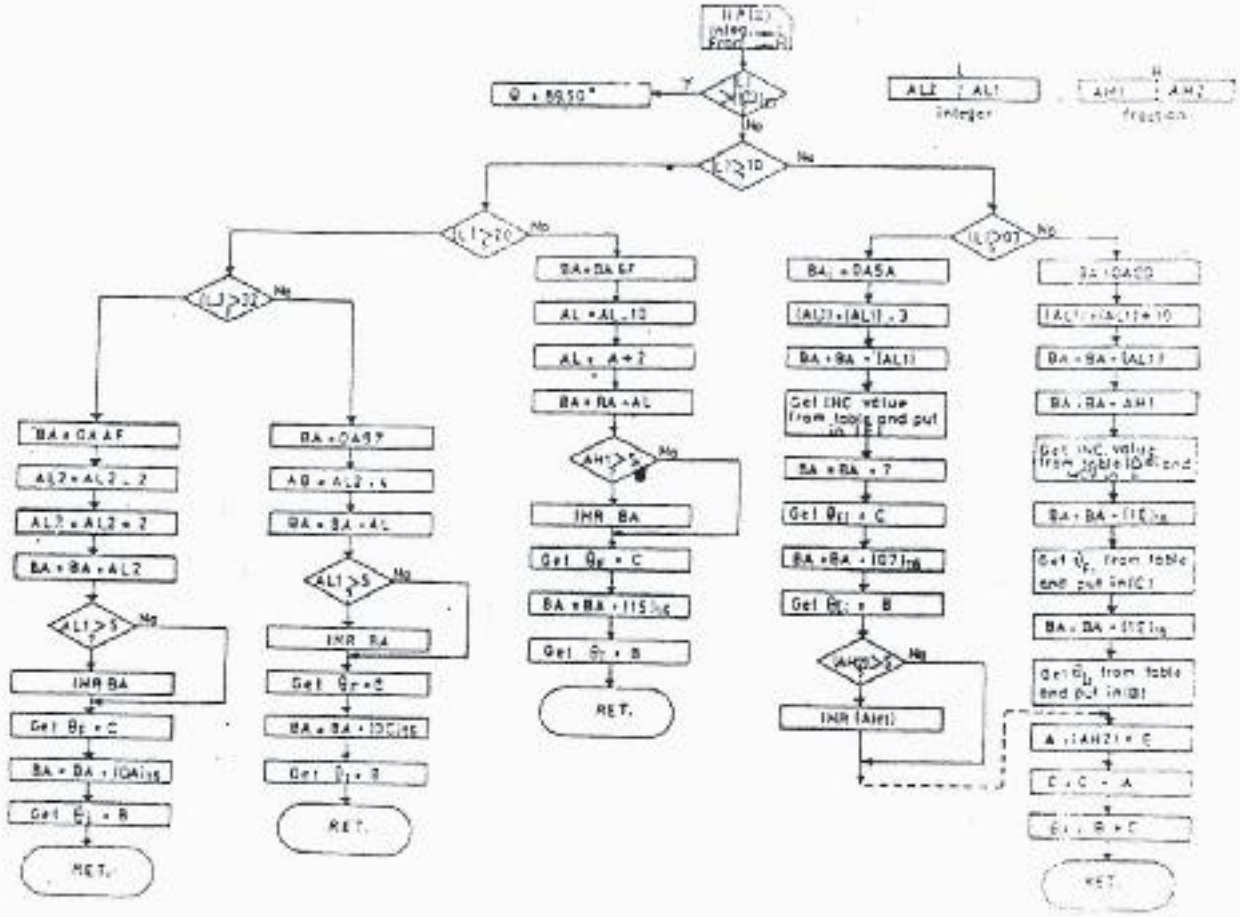
الشكل رقم (١-٤) برنامج عملية القسمة


SEDIVV
Subroutine
Initialize loop
counter(D)=08
Shift left dividend one
bit to (H)
(H)——→(A)
(A) - divisior = (A)
is
Carry
?
A/o
Move the result to
(H)
Increment
Quotient (L)
Decrement
(D)
Is
(D)≠0
?
No
RET.

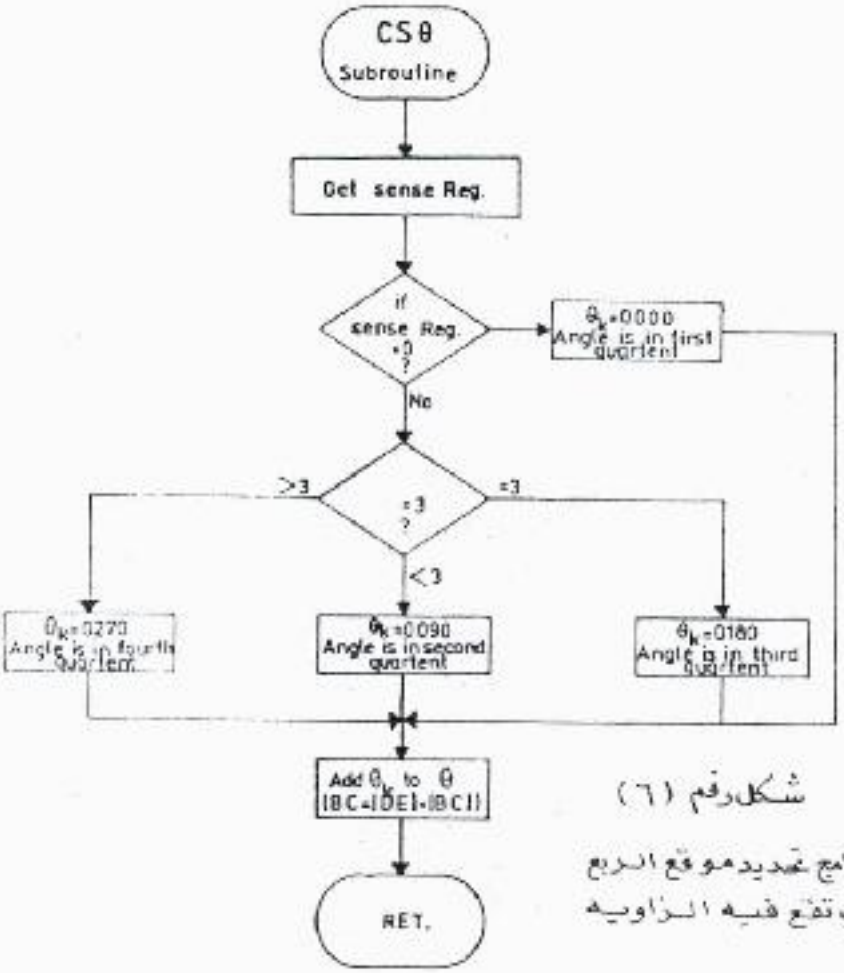
شكل رقم (٤-٢)


FDP
Subroutine
Get the binary No to (A) and shift Right
Save # in (B)
Mask M.S. 3 bits of (A)
(HL)=Beginning table add.
(HL)=(HL)+(A)
Fetch data from memory add. by (HL) to (D)
Exchange M.S.D of (B) with L.S.D
Mask M.S.3 bits of (B) + (A)
Is (A) = 0 ?
No
(D) → (A)
(A)=(A)+25H
Decrement (B)
Is (B) = 0 ?
No
Store (A) in (D)
Move (D) to (B)
RET.

شكل رقم (٣ - ٤)

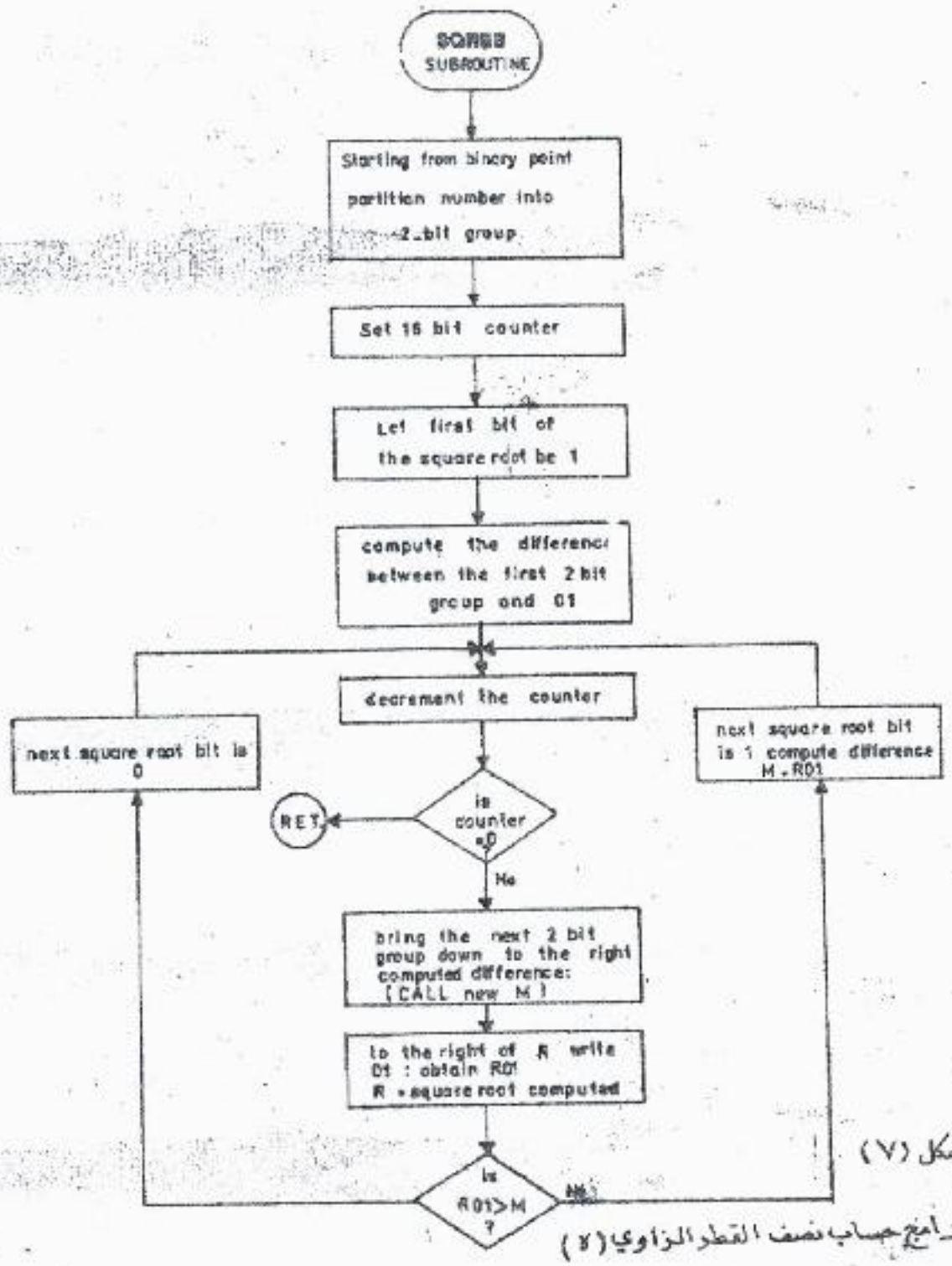


الشكل (٩) برنامج مقلوب ظل الزاوية



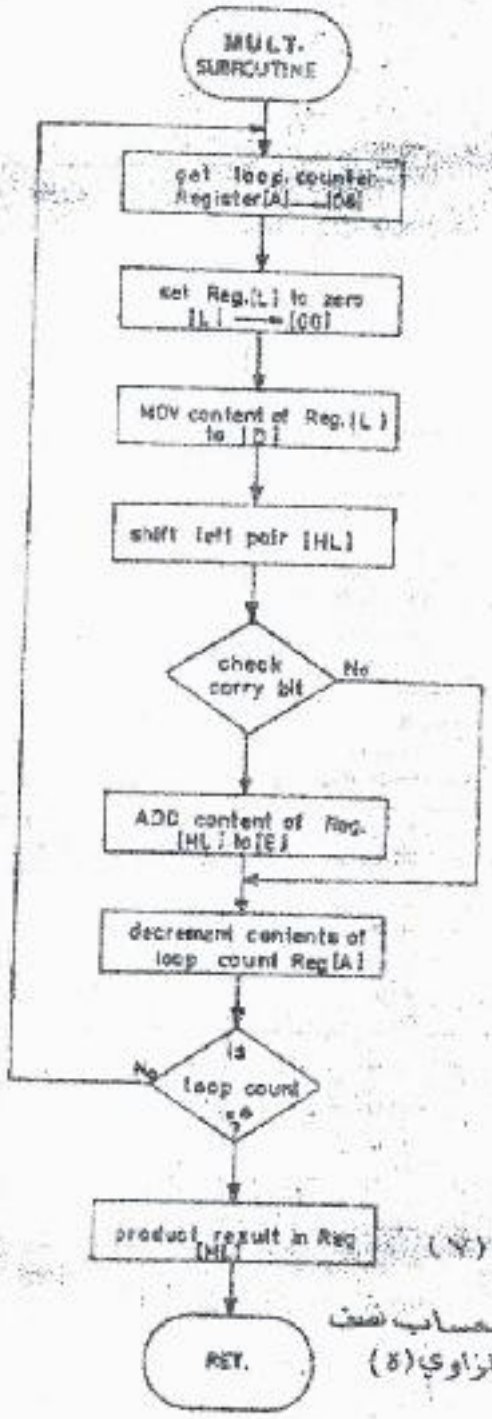
شكل رقم (٦)

برنامج تحديد موقع الربع
التي تقع فيه الزاويه



شكل (٧)

برامج حساب نصف القطر الزاوي (٨)



شكل (٧)

برامج حساب نصف
القطر الزاوي (θ)

ملحق 1 الجدول أنظر

Address of Inc.	Increment Value Δθ	Address of θi	Address of θf	Initial θi . θf
				↓ ↓
00	0.57	3C	1E	00.00
01	0.56	3D	1F	05.71
02	0.54	3E	20	11.31
03	0.51	3F	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	0.25	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
5A	0.47	63	61	71.57
5B	0.29	69	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	82.88
60	0.06	6E	67	83.66

الملحق 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	