บทที่ 2
หลักการและส่วนประกอบของวงจร

2.1 วงจรเสียง

ในการทำโครงงานการสั่งการอุปกรณ์ไฟฟ้าทางไกลทางโทรศัพท์นี้ส่วนหนึ่งของวงจรรวมคือวงจรเสียงซึ่งเป็นวงจรที่คอยรายงานสถานะการทำงานของวงจรรวมทั้งหมด ในส่วนของวงจรนี้ต้องออกแบบขึ้นมาเพิ่มเติมเพื่อทำให้วงจรรวมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์แบบมากขึ้น

2.1.1 หน้าที่การทำงานของวงจรเสียง

รายงานการทำงานในสภาวะต่าง ๆ ขณะที่วงจรรวมทำงานอยู่ในส่วนต่าง ๆ

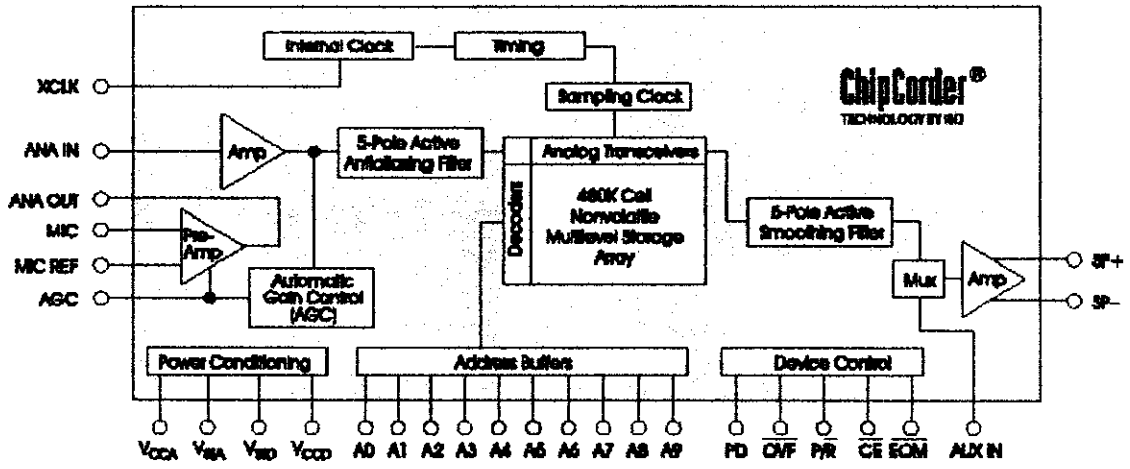
2.1.2 ประโยชน์ของวงจรเสียง

1. ทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานระบบได้อย่างถูกต้อง
2. มีการรายงานสภาวะการทำงานว่าระบบทำงานถึงในส่วนไหนแล้ว
3. ทำให้เกิดความสะดวกสบายสูงสุดในการใช้งานวงจร

2.1.3 หลักการทำงาน

หัวใจคือไอซีที่ออกแบบมาเพื่อการทำงานทดแทนเครื่องบันทึกเสียงโดยเฉพาะสามารถบันทึกเสียงได้ทันที โดยหลักการทั่ว ๆ ไปนั้น ภายในไอซีจะเริ่มจากการรับสัญญาณเสียง (อนาล็อก) มาผ่านวงจรคอมเพรสเซอร์ก่อนแปลงมาในรูปของสัญญาณดิจิตอล เพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลไว้ได้ตลอดเวลาหากมีไฟเลี้ยงวงจรไว้เพราะใช้ RAM เป็นหน่วยความจำ ในการเพลย์แบค ข้อมูลเชิงดิจิตอลที่เก็บไว้จะถูกนำออกมาจากหน่วยความจำภายในไอซี เพื่อเข้าสู่วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก แล้วผ่านวงจรเอกซ์แพนเดอร์และเอาท์พุตแอมปลิฟายเออร์ เพื่อขับออกสู่ลำโพง วิธีการที่กล่าวนี้เป็นเทคโนโลยีเก่าที่ยุ่งยากในการที่จะได้เสียงคุณภาพดีเข้าขั้นยอมรับได้ และยังต้องสิ้นเปลืองเนื้อที่ในหน่วยความจำมากอีกด้วย ปกติหากใช้ RAM ขนาด 32,000 บิท จะเก็บข้อมูลเสียงพูดได้นานไม่เกิน 2 วินาทีเท่านั้น แต่ในการใช้งานไอซีตัวใหม่นี้ เนื้อหาที่จะบันทึกค่อนข้างยาวคือคำพูดค่อนข้างยาว จึงต้องใช้ไอซีสำเร็จรูปที่ถูกออกแบบแล้วและสามารถบันทึกเสียงได้นาน คือไอซีเบอร์ ISD 2590 เป็นไอซีตระกูล CMOS ผลิตจากบริษัท Information Storage Devices ภายในใช้หน่วยความจำ CMOS EEPROM ซึ่งสามารถรับสัญญาณในรูปอนาล็อกโดยตรง โดยที่ใช้หน่วยความจำแบบ EEPROM ข้อมูลในไอซีนี้จึงไม่มีการสูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตามผังการทำงานภายใน

ไอซี ISD 2590 แสดงในรูปที่ 2.1 ภายในมีองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อความสมบูรณ์ของระบบจัดการเสียงไว้แล้วโดยเริ่มจากภาคปรีแอมป์ ซึ่งสามารถรับสัญญาณไมโครโฟนได้โดยตรงแล้วส่งออกที่ขา ANA OUT (เอาท์พุตเชิงอนาล็อกจากไมโครโฟน) โดยมีวงจร AGC ทำหน้าที่ควบคุมขนาดสัญญาณขาออกให้คงที่แม้ขนาดสัญญาณขาเข้าจะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก อัตราการขยายสูงสุดในวงจร AGC เท่ากับ 24 dB วงจรกำเนิดพัลซ์นาฬิกาภายในชิพจะทำหน้าที่สุ่มวัดสัญญาณภายใต้การควบคุมของภาคลอจิกที่ใช้กำหนดแอดเดรสในการสุ่มวัด ขาอินพุตภายนอกของชิพ ISD 2590 มีทั้งหมด 8 ชุด จึงทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 900 ส่วน แต่ละส่วนมีเวลาการบันทึกนาน 100 มิลลิวินาที หากสายแอดเดรสเหล่านี้อยู่ในภาวะลอจิกแรงดันต่ำชุดจัดเก็บข้อมูลจะรวมเป็นส่วนใหญ่เพียงส่วนเดียวรวมเป็นเวลาบันทึกทั้งหมด 90 วินาที ภายในไอซี ISD 2590 ยังมีการออกแบบให้สามารถเพิ่มเวลาการบันทึกได้ง่าย ๆ เพียงเพิ่มจำนวนไอซีให้มากขึ้นและไอซีแต่ละตัวจะมีกำลังงานขับออกลำโพงเท่ากับ 50 mW



รูปที่ 2.1 รูปบล็อกไดอะแกรมของไอซี ISD25xx

ในรูปที่ 2.2 แสดงผังวงจรสมบูรณ์ของวงจรจัดเป็นวงจรง่าย ๆ มีข้อน่าสังเกตตรงการใช้ขา 24 (Power Down) ของไอซี ISD 2590 นี้โดยที่สามารถเพิ่มจำนวนไอซีมาต่ออย่างดาสเดดกันเพื่อเพิ่มเวลาการบันทึก/เพลย์แบคได้นานขึ้นแต่ในการใช้งานในโครงงานนี้อาจเกิดปัญหาแทรกซ้อนขึ้นได้ในหลักการแล้วหากหน่วยความจำในไอซีตัวหนึ่งเต็มจะเกิดการ Over Flow ขึ้นในขาที่ 24 จะเป็นลอจิกแรงดันสูง จากนั้นจะกลับสู่สภาวะแรงดันต่ำเมื่อมีการบันทึกหรือเพลย์แบคใหม่

ดังนั้นจึงมีการใช้สวิตช์รีเซ็ตแยกต่างหากเพื่อลบทิ้งภาวะ Over Flow โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้ทรานซิสเตอร์ Q1 (ในรูป 2) พร้อมอุปกรณ์ C3 R5 R6 (ในรูปที่ 2.2) จะทำงานเป็นวงจร

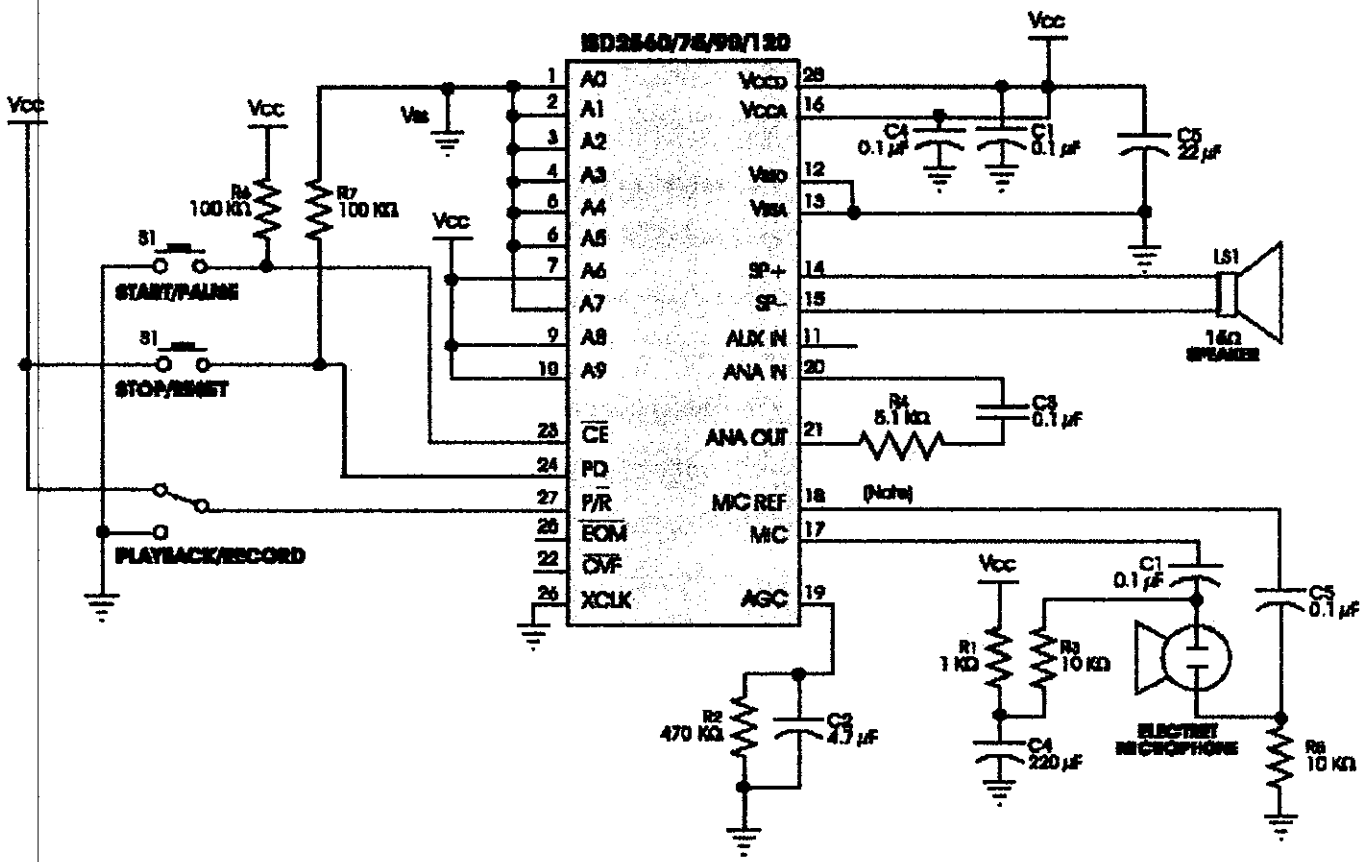
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.2 สำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงในรูปที่ 2.3

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3

ตารางที่ 2.3 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ต่าง ๆ

กำเนิดพัลซ์ในการรีเซ็ทโดยอัตโนมัติทุก ๆ ครั้งที่กดสวิตช์ Start (S1) ส่วนสวิตช์ (S2) กำหนดว่าจะให้ทำงานเป็นแบบบันทึกหรือเพลย์แบคสวิตช์ (S4) ใช้สวิตช์คีนตะขาบ (DIP SWITCH) ขนาด 8 ตำแหน่งเพื่อใช้กำหนดช่วงเวลาการบันทึกจาก 0 – 90 วินาที เวลาสูงสุดในการบันทึกหรือเพลย์แบคเกิดขึ้นเมื่อสวิตช์ S4 ทั้ง 8 ตำแหน่งอยู่ในภาวะเปิดวงจร (ON) ชุดความต้านทาน R8 จะทำหน้าที่ดึงไฟเข้าขาแอดเดรสต่างๆ เพื่อควบคุมเวลาการทำงานบันทึก/เพลย์แบคของ U1



รูปที่ 2.2 วงจรรวมของการต่อ ISD 2590

2.1.4 การทำวงจร

ไอซี ISD 2590 มีการทำงานทั้งในระบบอนาล็อกและดิจิตอลความถี่สูงรวมไว้ในชิพตัวเดียวกัน เพื่อจะให้ได้คุณภาพเสียงดีปราศจากเสียงรบกวน จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์อนาล็อกให้ใกล้ขาไอซีให้มากที่สุด และขาอุปกรณ์เหล่านี้ต้องตัดให้สั้น ๆ

ภายในไอซี ISD 2590 มีการแยกขาไฟบวกและกราวด์ออกจากกันอิสระสำหรับแยกใช้กับภาคอนาล็อกกับดิจิตอลสายไฟทั้ง 4 สายนี้จึงสำคัญมากในขั้นตอนการประกอบวงจร โดยจะนำมารวมกันเฉพาะที่บริเวณหัวต่อ C1/C7 เท่านั้น นอกจากนี้กราวด์ของภาคขยายไมโครโฟนก็จะต้องต่อกับขาอนาล็อกกราวด์ (Vssa) มิใช่ไปต่อกับขาดิจิตอลลงกราวด์ (Vssd)

2.1.5 การทดสอบการใช้งาน

ป้อนไฟ 9V เข้าสู่วงจรแล้วตั้งสวิตช์ DIP(S4) เหล่านั้นไปที่ตำแหน่ง On ทุกตำแหน่ง เป็นการบ่งบอกให้เริ่มบันทึกเสียงได้จากแอดเดรสศูนย์และเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นได้นานสุดถึง 90 วินาที โยกสวิตช์ S3 ไปที่ตำแหน่ง On และ S4 ไปที่ตำแหน่ง Record กด S1 ไว้แล้วลองพูดใส่ไมโครโฟน เมื่อพูดจบ (ไม่เกิน 90 วินาที) ก็เลิกกด S1

ลองพูดเสียงดังมากขึ้นใกล้ ๆ ไมโครโฟนในขณะบันทึกเสียงดูด้วย เพราะในไอซีจะมีวงจร AGC เพื่อปรับแต่งอัตราขยายของภาคปรีแอมป์โดยอัตโนมัติเสียงที่ได้ยินจะมีระดับความดังค่อนข้างคงที่ในตอนเพลย์แบค เมื่อบันทึกเสร็จแล้ว

. ในตอนการเพลย์แบค โยกสวิตช์ S2 ไปที่ตำแหน่งเพลย์แบค แล้วกด S1 (Start) ชั่วครู่ก็พอ ไม่จำเป็นต้องกดแช่เหมือนตอนบันทึก เสียงที่ได้ยินจากลำโพงจะพูดเหมือนกับตอนที่ท่านบันทึกไว้

2.1.6 การใช้งาน

ทำลักษณะคล้ายการทดสอบการใช้งาน ซึ่งเราจะบันทึกเสียงการทำงานในส่วนประกอบที่เราต้องการให้มีการรายงานสถานะการทำงานของวงจรควบคุมระยะไกลเข้าไป โดยทำการบันทึกข้อมูล เช่น ส่วนของการตอบรับครั้งแรก เราจะพูดว่า **"สวัสดีครับขณะนี้ท่านกำลังเข้าสู่ระบบตอบรับอัตโนมัติในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า กด 1 เปิดไฟ กด 2 เปิดพัดลม"** หลังจากนั้นเราลองทดสอบการ เพลย์แบค ดูก่อนถ้ามันรายงานตรงกับที่เราต้องการก็เป็นอันใช้ได้

จากนั้นนำเสียงที่ได้ต่อเข้ากับวงจรรวมซึ่งจะทำการรวมกับวงจรโดยใช้การเพลย์แบค ใส่ไมโครโฟนของตัววงจรโทรศัพท์ธรรมดาโดยตรงเลย แต่การทำงานจะขึ้นอยู่กับการสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง

2.2 วงจรแปลงสัญญาณโทรศัพท์

ส่วนของวงจรรวมแปลงสัญญาณโทรศัพท์นี้ถือเป็นหัวใจสำคัญในการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าทางโทรศัพท์เพราะเป็นวงจรที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณโทรศัพท์เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่จะนำมาใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยโทรศัพท์

2.2.1 หน้าที่การทำงานของวงจร

มีหน้าที่แปลงสัญญาณโทรศัพท์ (สัญญาณอนาล็อก 0-50 v) ด้วยรหัส DTMF (Dual Tone Modulation Frequency) ให้ใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้

2.2.2 ประโยชน์ของวงจร

1. ทำให้สามารถนำสัญญาณโทรศัพท์มาใช้งานได้
2. ทำให้ได้สัญญาณที่สามารถใช้กับไมโครคอนโทรเลอร์ได้สามารถใช้การกดตัวเลขจากโทรศัพท์สั่งงานได้โดยตรงโดยสัญญาณ DTMF

2.2.3 คุณสมบัติของ ไอซี MT8888C

ตัว ไอซี MT8888C จะทำตัวเองเป็นศูนย์กลางของการรับส่งสัญญาณ DTMF ใช้พลังงานต่ำ มีตัวกำเนิดเสียงอยู่ภายใน สามารถส่งเสียงขนาด 30 dBm ได้ มีความเร็วในการรับ-ส่งสัญญาณสูง สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ สามารถแปลง D/A มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือสูง สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นับเสียงเรียกเข้าของสัญญาณโทรศัพท์ได้ สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ตั้งแต่ 8080, 80C31/51 และ 8085

2.2.4 หลักการทำงานของวงจรแปลสัญญาณโทรศัพท์

การทำงานในส่วนของอินพุตจะมีตัวปรับสัญญาณอินพุตที่มีความแตกต่างกัน โดยจะเปรียบเทียบกับ V_{Ref} กับการกำหนดการเชื่อมต่อ Resister กับขา $V_{DD}/2$ ซึ่งต่อกับออปแอมป์ที่เป็นตัวขยายสัญญาณในส่วนของ อินพุต

การทำงานในส่วนของตัวรับ จะมีการแยกเสียง สูง – ต่ำ โดยการประยุกต์ใช้สัญญาณ DTMF โดยจะทำการกรองความถี่ของสัญญาณให้เรียบขึ้นให้สามารถนำสัญญาณมาใช้ได้และกำจัดสัญญาณรบกวนต่างๆ หรือสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป

ส่วนต่อมาจะเป็นส่วนตัวถอดรหัสดิจิตอลที่สามารถนำมาใช้นับสัญญาณเสียงเรียกเข้าได้ เป็นส่วนที่มีการป้องกันการแทรกแซงสัญญาณของสัญญาณอื่นๆ รวมถึงการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วย ซึ่งส่วนนี้จะถูกกำหนดมาจากโรงงานผู้ผลิตอยู่แล้ว “Early Steering” (ESt) ซึ่งจะกำหนดมาใน

สถานะ active บางสถานะของการทำงานอาจเกิดการสูญหายของสัญญาณทำให้ "Early Steering" (ESt) สรุปว่าเป็น inactive หรือ การวางหู

ก่อนการที่จะตัดสินใจเลือกสัญญาณต่างๆจะมีการตรวจสอบความต่อเนื่องของสัญญาณ การตรวจสอบนี้จะถูกทำโดย external RC time constant driven ค้วย ESt ถ้า ESt เป็น High จะทำให้มี V_C และถ้า ESt ยังเป็น high อยู่ V_C จะถูกกระตุ้นให้เป็น V_{DD} และ GT จะยังคงทำงานต่อไป ตราบใดที่ ESt ยังเป็น high อยู่ ในตอนท้ายจะมีการดีเลย์เพื่อตั้งค่าของเอาท์พุต จะเป็นการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนสถานะเป็น high สัญญาณที่มันได้รับจะถูกบันทึกไว้ ถ้าโหมด interrupt ถูกเลือกขา IRQ/CP จะกลายเป็น Low เมื่อสถานะของ delayed steering flag ยังคงอยู่ในสถานะ interactive อยู่

เอาท์พุตที่ได้จะถูกปรับเปลี่ยนใน active delayed steering transition ข้อมูลที่ได้ออกมาเมื่อมีการเลือกใช้งาน 4 บิต นั้น จะเป็นสัญญาณสั้นๆที่ถูกตรวจสอบ ซึ่งสามารถนำส่วนนี้ไปประยุกต์ใช้ได้อีกมากมาย

การเรียกโปรแกรมฟิวเตอร์ของ MT8888C สามารถเลือกตามโทนเสียงที่ต่างกันที่มาจากสัญญาณโทรศัพท์ได้ tones input และ DTMF input ซึ่งเป็นแบบทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามการรับเสียงต่าง ๆ จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ CP mode ถูกเลือก ไม่เช่นนั้นก็ไม่สามารถหาสัญญาณของ DTMF ได้

ความถี่ที่เป็นอินพุตออกมาจะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของตัวฟิวเตอร์ที่ขา IRQ/CP ซึ่งจะกลายเป็นเอาท์พุต ตัว Squarewave output ที่ได้มาจาก schmitt trigger สามารถจัดการได้โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ และตัวกำหนดธรรมชาติของเสียง โดยก่อนการค้นหาเสียงที่มีความถี่ที่ไม่อยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ จะไม่ถูกค้นหา และขา IRQ/CP จะยังคงเป็น Low อยู่

ตัวกำเนิดสัญญาณ DTMF ที่ถูกใช้ใน MT8888C มีความสามารถกำเนิดสัญญาณ DTMF มาตรฐานได้ 16 แบบ เมื่อใช้ในการเปรียบเทียบทำให้เกิดความผิดพลาดน้อย มีความแม่นยำสูง ความถี่ที่ได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ดังตารางที่ 2.1

DIGIT	D0	D1	D2	D3
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0

ตารางที่ 2.1 ปุ่มของโทรศัพท์เทียบกับ 4 bit

DIGIT	D0	D1	D2	D3
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0
A	1	1	0	1
B	1	1	1	0
C	1	1	1	1
D	0	0	0	0

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)ปุ่มของโทรศัพท์เทียบกับ 4 bit

2.3 การเชื่อมต่อกับ Microcontroller

2.3.1 โครงสร้างของ MCS -51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์ มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS – 51 มีดังนี้

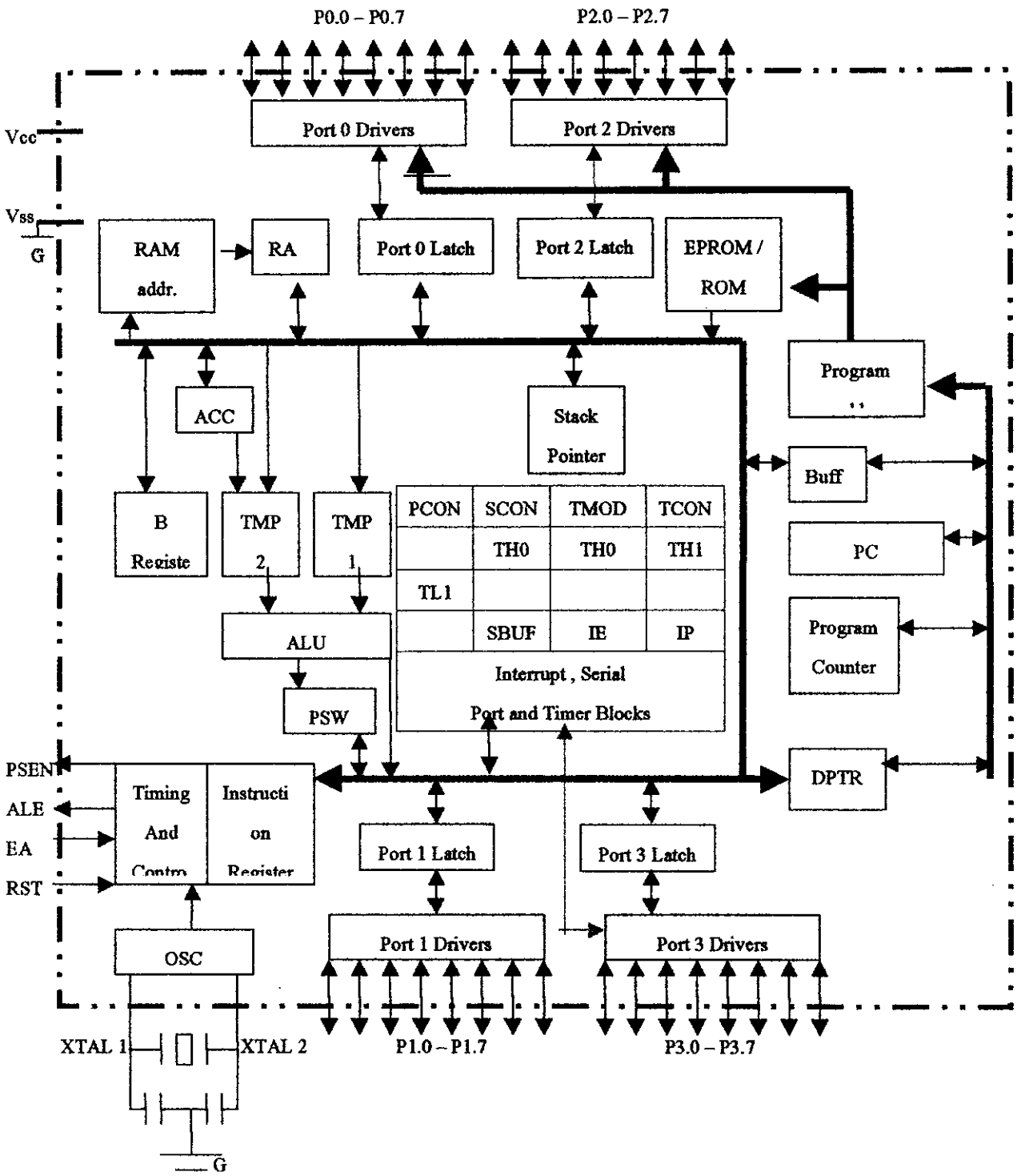
- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง

- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.2 สำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงในรูปที่ 2.3

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3

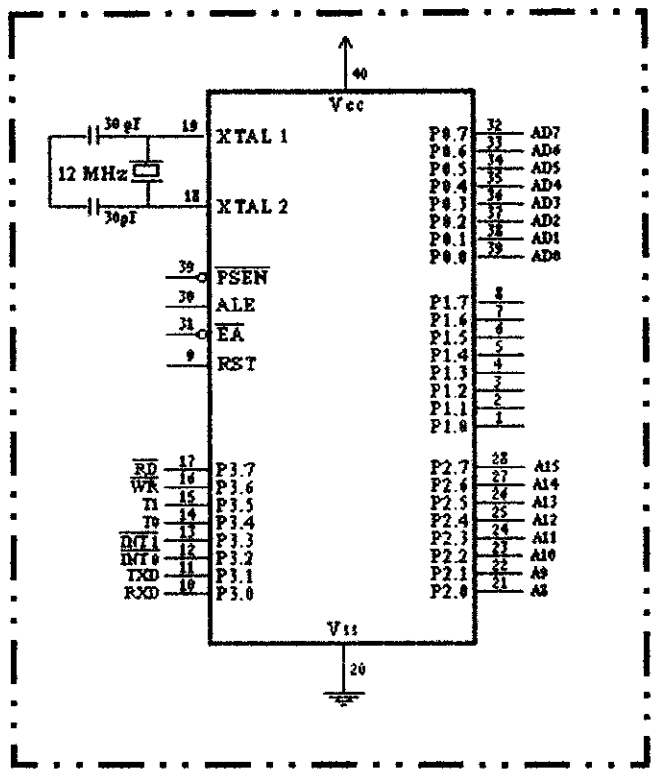
ตารางที่ 2.3 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

2.3.2 การจัดขาต่าง ๆ ของ MCS – 51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โครงสร้างไอซี เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขา โดยขาต่าง ๆ จะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต, เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุม, ขาตำแหน่งความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงขาต่าง ๆ ของ 8051

ความหมายของขาต่าง ๆ มีดังนี้

1. พอร์ต 0 (Port 0)

พอร์ต 0 ได้แก่ขาที่ 32 – 39 ของ MCS – 51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

2. พอร์ต 1 (Port 1)

พอร์ต 1 ได้แก่ขาที่ 1 – 8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0,P1.1,...etc

3. พอร์ต 2 (Port 2)

พอร์ต 2 ได้แก่ขาที่ 21 – 28 จะใช้งาน 2 หน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ต 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ต 3 (Port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10 – 17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.3.2

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

ตารางที่ 2.4 แสดงบิตและหน้าที่ต่างๆ ของพอร์ต 3

5. $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS – 51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อกับขา Output Enable (OE) ของ EPROM

6. ALE (Address Latch Enable)

เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS – 51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ Multiplex สัญญาณ Address Bus ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS – 51 นั้น จะต้อง มีอุปกรณ์มาต่อกับ Port 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS – 51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS – 51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทาง Port จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของ Port 0 ไว้เพื่อใช้ Port 0 เป็น Data Bus ต่อไป

7. $\overline{\text{EA}}$ (External Access)

ขา $\overline{\text{EA}}$ ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก “1” จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก “0” จะบอกว่าให้ MCS – 51 ทำโปรแกรมโดย อ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น “0” ขา PSEN จะแอค

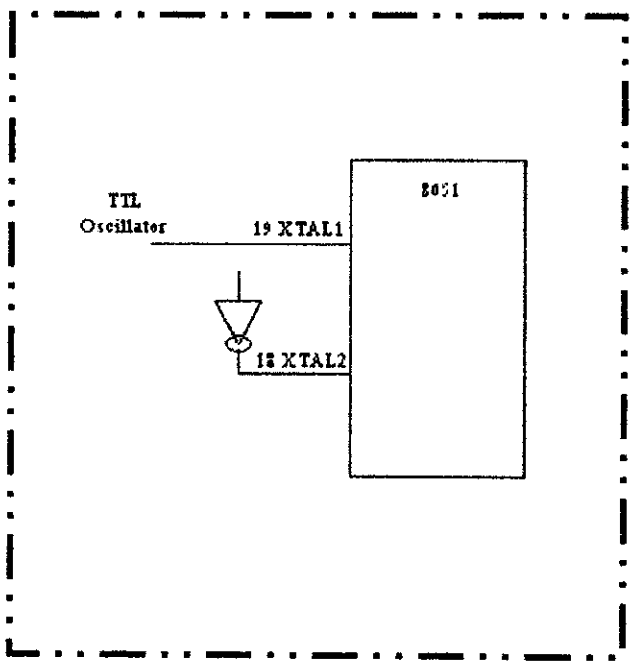
ทีฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา EA จะเป็น "0" เสมอ เพราะว่าไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา EA เป็น "0" ซึ่งจะ Disabled ROM ภายในและจะอ่านโปรแกรมจาก EPROM ภายนอกแทน

8. RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต MCS – 51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก "1" อย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะรีเซ็ตระบบได้

2.3.3 ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ (On-chip Oscillator Inputs)

เป็นวงจร Oscillator บนชิพ ได้แก่ขา 18-19 โดยต่อ Crystal เข้ากับขานี้โดยปกติมักจะใช้ Crystal ความถี่ 12 MHz กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2 ดังรูปที่ 2.5



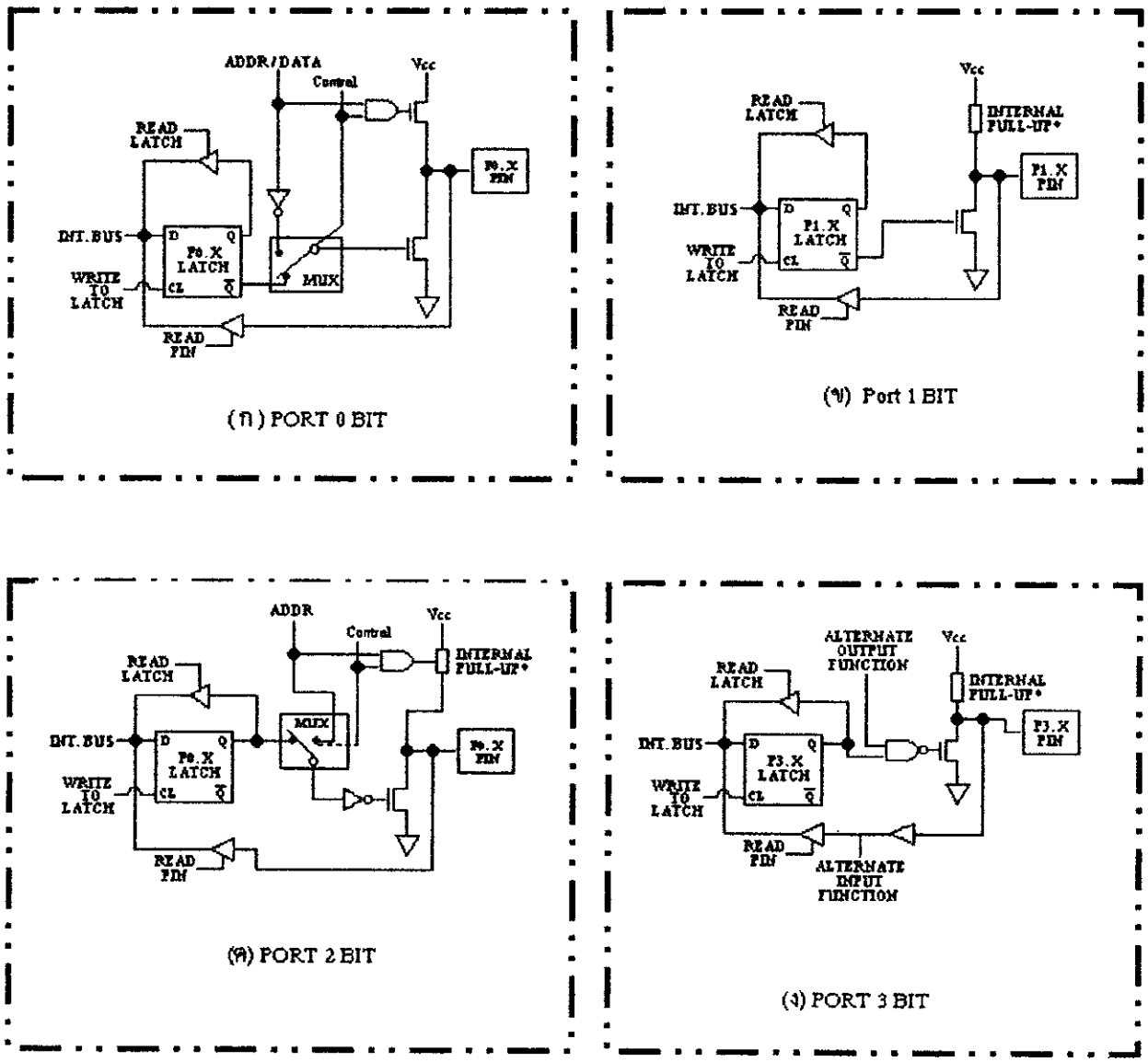
รูปที่ 2.5 ขาของ MCS-51 ที่ใช้ต่อกับ XTAL

2.3.4 Power Connections

ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 V. ต่อเข้ากับขา Vcc (ขา 40) ส่วนขา Vss (ขา 20) จะต่อลง Ground

2.3.5 โครงสร้างของพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O Port Structure)

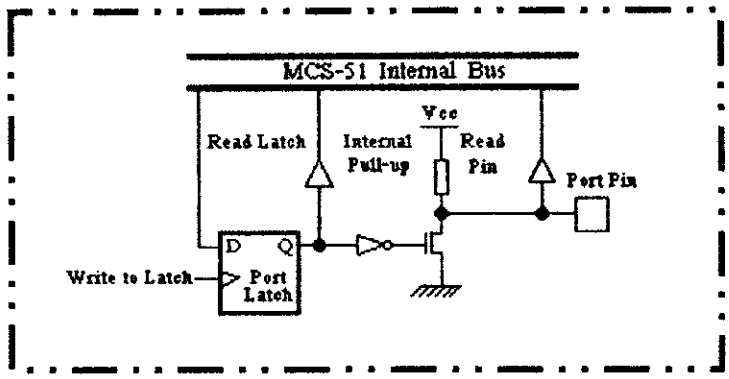
ขาของพอร์ตจะแสดงโครงสร้างภายในได้ ดังรูปที่ 2.6 โดยจะมีโครงสร้างเป็น Field – effect Transistor ต่ออยู่กับขาภายนอก และมีความต้านทานต่อ Pull – up อยู่สำหรับพอร์ต 1, 2, 3 แต่ถ้าเป็นพอร์ต 0 จะไม่มีตัวต้านทาน Pull – up ภายในเพราะว่าต้องใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ port out

พอร์ตนี้สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ในการอ่านข้อมูลจากพอร์ตจะอ่านได้สองแบบคือ Read Lath และ Read Pin โดย Read Latch หมายถึงการอ่านข้อมูลที่ถูก Latch

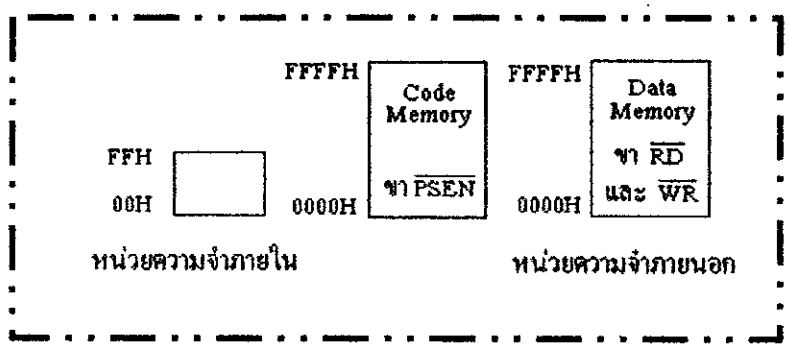
เอาไว้เข้าสู่บัสภายในของ MCS – 51 เช่นการทำคำสั่ง CPL P1.5 แต่ถ้าเป็นการ Read Pin จะเป็นการใช้พอร์ตเป็นอินพุต โดยจะอ่านค่าจากขาของไอซีเข้าสู่บัสภายในโดยการอ่านแบบ Read Latch และ Read Pin จะ มีสัญญาณมาควบคุมที่บัฟเฟอร์ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การต่อพอร์ตเข้ากับระบบบัสภายในของ MCS – 51

2.3.6 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำสำหรับ MCS – 51 จะมี 2 ชนิด หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในการประมวลผล (RAM) MCS – 51 บางเบอร์เช่น 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิพ และ MCS – 51 ทุกเบอร์สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64K และอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้มากที่สุด 64K สำหรับหน่วยความจำ RAM ภายใน จะประกอบไปด้วยพื้นที่ใช้งานทั่วไป, รีจีสเตอร์แบงค์, พื้นที่ใช้งานระดับบิต และรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ เราอาจเขียนไดอะแกรมของหน่วยความจำของ 8031 ได้ดังรูปที่ 2.8 โดยในรูปจะบอกด้วยว่าขาใดจะแอคทีฟ



รูปที่ 2.8 การจัดการหน่วยความจำของ MCS – 51

ใน 8031 จะมีหน่วยความจำภายในตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH และสามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K ตำแหน่ง ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมขา PSEN จะแอคทีฟ นอกจากนี้ 8031 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K ตำแหน่ง โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนี้ขา RD และ WR จะแอคทีฟ สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้นจะแบ่งออกได้ดังนี้

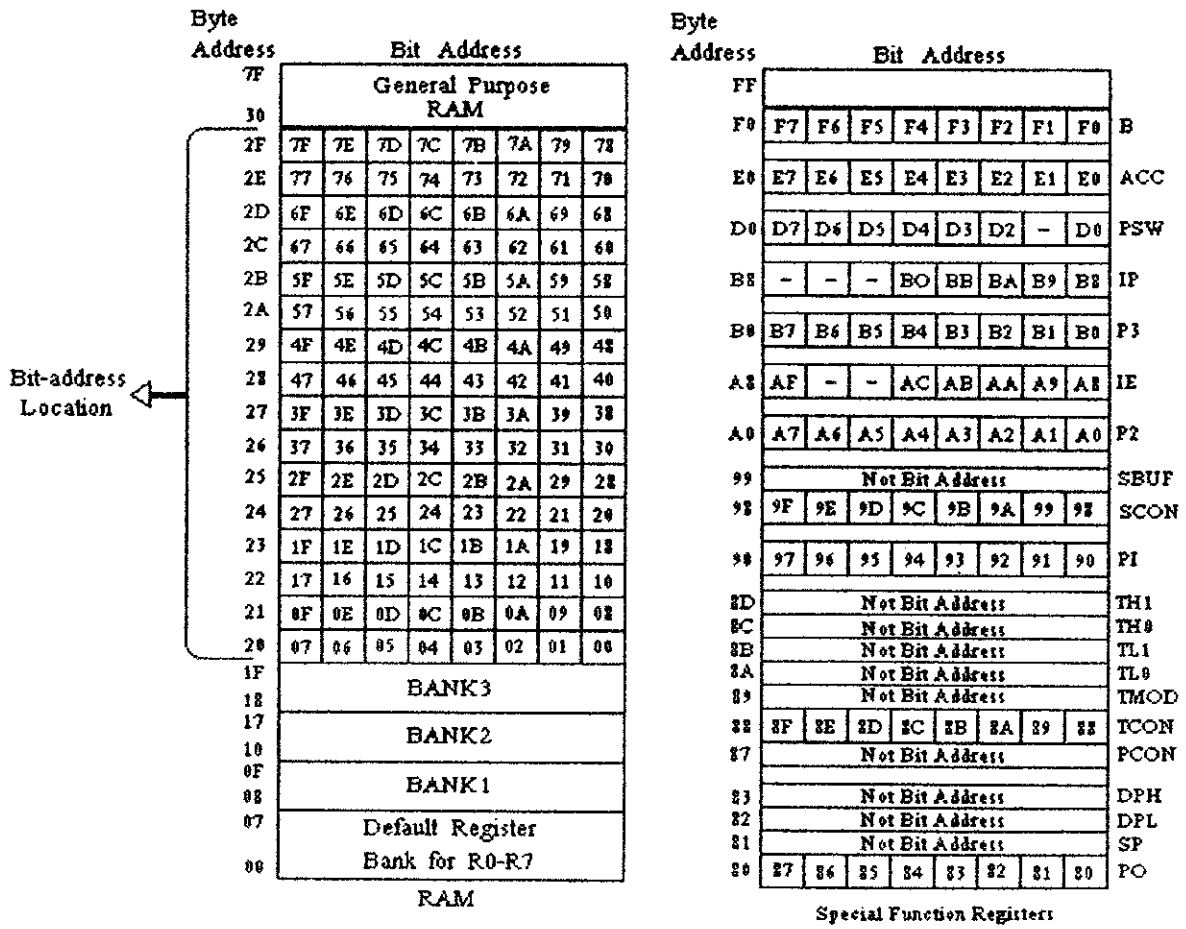
1) ชุดรีจีสเตอร์ 4 ชุดแต่ละชุดเรียกว่ารีจีสเตอร์แบงค์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 1FH โดยแต่ละชุดประกอบด้วยรีจีสเตอร์ R0 ถึง R7

2) หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ตำแหน่ง 20H ถึง 2fH

3) หน่วยความจำใช้งานทั่วไปตำแหน่ง 80H ถึง FFH

4) รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ ตำแหน่ง 80H ถึง FFH

แผนผังการจัดหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2.9 จากแผนผังจะเห็นว่าการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภายในจะอ้างได้สองแบบ คือ การอ้างไปที่ตำแหน่งของไบต์ (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านนอก) หรือการอ้างไปที่ตำแหน่งของบิต (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านใน) โดยตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างเป็นแบบบิตได้จะมีตำแหน่งที่แน่นอน



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต

2.3.6.1 หน่วยความจำใช้งานทั่วไป

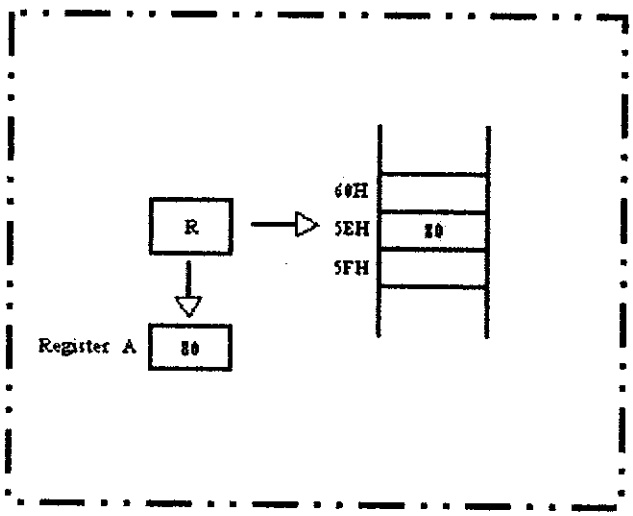
จากรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าใน 8031 จะมีหน่วยความจำ RAM สำหรับใช้งานทั่วไปจำนวน 80 ไบต์ ตั้งแต่ตำแหน่ง 30H ถึง 7FH ตำแหน่งเหล่านี้สามารถอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode หรือ Indirect Addressing Mode (รายละเอียดจะกล่าวในเรื่องชุดคำสั่ง) ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการอ่านข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่ง 5FH มาเก็บในรีจิสเตอร์ A สามารถเขียนคำสั่งได้เป็น

```
MOV A,5FH
```

การย้ายข้อมูลแบบนี้เป็นการย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่เก็บโดยตรง (ตำแหน่ง 5FH) เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode นอกจากนี้ยังสามารถอ่านข้อมูลโดยใช้รีจิสเตอร์ R0 หรือ R1 เป็นตัวชี้ตำแหน่งได้ เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing Mode ตัวอย่าง

```
MOV R0,# 5FH
MOV A,@R0
```

การเขียนโปรแกรมด้านบน หมายความว่า เก็บค่า 5FH ไว้ใน R0 จากนั้นอ่านค่าที่ R0 ชี้อยู่ คือตำแหน่ง 5FH มาเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ A ถ้าในตำแหน่ง 5FH มี 80 อยู่ ค่า 80 จะถูกเก็บใน A



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนต่างๆ ในการอ่านข้อมูล

2.3.6.2 Bit – addressable RAM

ใน MCS – 51 จะมีหน่วยความจำที่สามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้ตั้งแต่ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH รวม 16 ไบต์ โดยสามารถ SET, CLEAR, AND, OR ทางลอจิกได้ จำนวนบิตที่ใช้งานได้ทั้งหมดมีจำนวน 128 บิต (8บิต x 16 ไบต์) ถ้าต้องการเซ็ตบิตตำแหน่งที่ 67H สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
SETB 67H
```

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าบิตที่ 67H จะอยู่ในตำแหน่งไบต์ที่ 2CH

2.4 Register Banks

หน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้เป็นชุดรีจีสเตอร์ มีทั้งหมด 32 ตำแหน่งโดยจะมี 4 ชุด แต่ละชุดมีรีจีสเตอร์ 8 ตัว คือ R0 ถึง R7 โดยชุดแรกจะอยู่ในตำแหน่ง 00H – 7H ถ้าหากจะอ่านค่าจากตำแหน่ง 05H มาเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ A จะเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MOV A,R5
```

การอ้างตำแหน่งจะใช้แบบ Register Addressing ซึ่งขนาดของรหัสคำสั่งจะมีขนาด 1 ไบต์ แต่ ถ้าเขียนคำสั่งเป็น MOV A,#85H ผลที่ได้จะเหมือนกันแต่การเขียนแบบนี้ถ้าแปลงเป็นรหัสคำสั่งจะมีขนาด 2 ไบต์ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมยาวกว่าแรก ในการติดต่อกับ Register Bank นั้น เราสามารถเลือกให้ Bank ใดแอคทีฟได้โดยเขียนข้อมูลไปที่ Program Status Word ซึ่งอยู่ในส่วนของรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ เช่น ถ้าโปรแกรมให้ Bank 3 แอคทีฟ จะย้ายข้อมูลจากรีจีสเตอร์ A ไปที่ตำแหน่ง 18H ได้ดังนี้

```
MOV Ro,A
```

ถ้าไม่มีการเลือก Bank จะเป็นการติดต่อกับรีจีสเตอร์ Bank แรกเสมอ