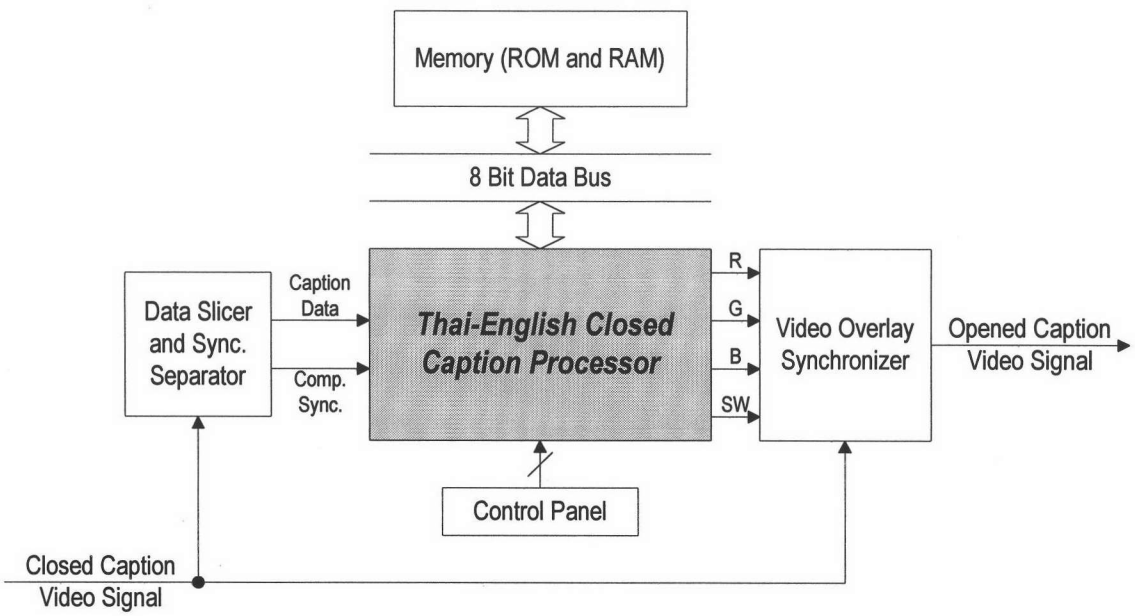
บทที่ 3

เครื่องถอดรหัสคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้

3.1 ส่วนประกอบภายในของเครื่องถอดรหัส

เครื่องถอดรหัสคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้ตามที่แสดงในรูปที่ 2.2 ของบทที่ 2 มีส่วนประกอบหลักภายใน แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 มีหลักการทำงานโดยย่อดังนี้



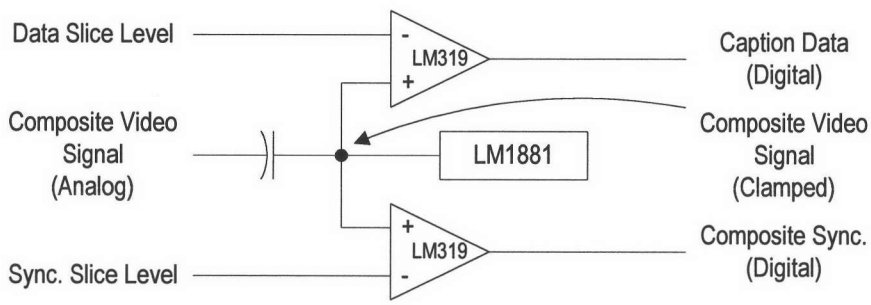
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักภายในของเครื่องถอดรหัสคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้

เมื่อสัญญาณภาพรวมที่มีข้อมูลคำบรรยายภาพ (Closed Caption Video Signal) ถูกป้อนเข้าสู่เครื่อง ตัวแยกข้อมูล (Data Slicer) จะแยกข้อมูลคำบรรยายภาพ และตัวแยกซิงก์ (Sync. Separator) จะแยกซิงก์รวม (Composite Sync.) ออกมา เพื่อป้อนให้แก่ "ตัวประมวลผลคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้" (Thai-English Closed Caption Processor) ซึ่งจะนำข้อมูลมาถอดรหัสเป็นคำบรรยายภาพเก็บไว้ในหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory:RAM) และสร้างเป็นสัญญาณภาพของตัวอักษรโดยอาศัยรูปแบบอักขระ (Font) ที่เก็บในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว (Read Only Memory:ROM) สัญญาณภาพของตัวอักษรที่ได้นี้จะถูกป้อนให้แก่ตัวเข้า

จังหวะซ้อนทับภาพ (Video Overlay Synchronizer) เพื่อแทรกเข้าไปในสัญญาณภาพรวมเดิม ทำให้ได้สัญญาณภาพรวมใหม่ที่ใช้ป้อนให้แก่โทรทัศน์ ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานได้ผ่านทางแผงควบคุม (Control Panel)

3.2 ตัวแยกข้อมูล และตัวแยกซิงก์ (Data Slicer and Sync. Separator)

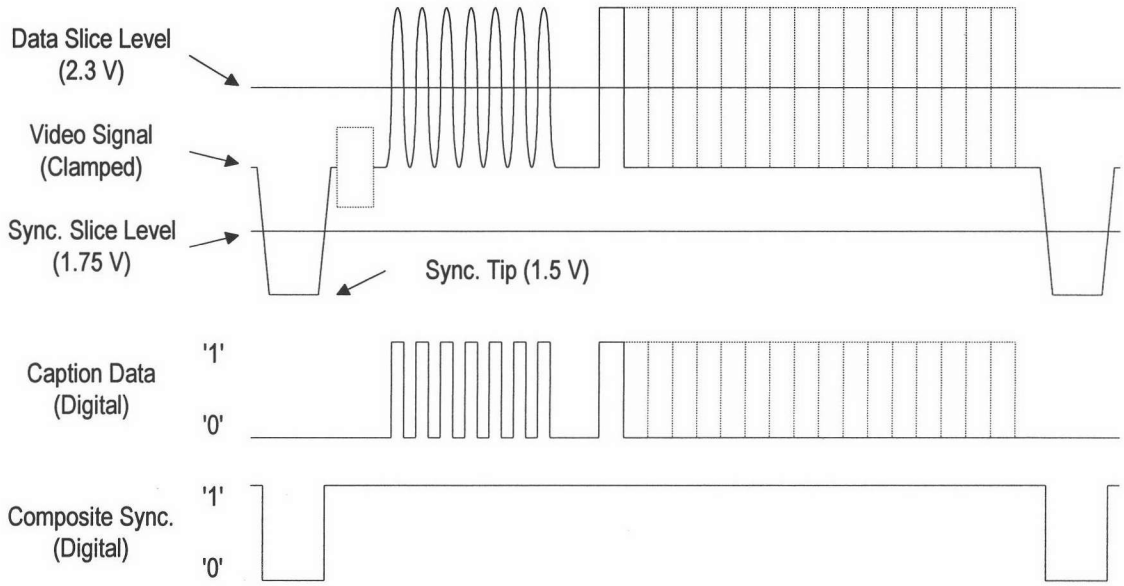
สัญญาณภาพรวมที่ป้อนเข้าสู่เครื่องถอดรหัสเป็นสัญญาณเชิงอุปมาน (Analog Signal) ที่มีขนาดแรงดันสัญญาณประมาณ 1 Vp-p การแยกข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถูกแทรกอยู่ในสัญญาณภาพรวมออกมาเป็นสัญญาณเชิงเลข (Digital Signal) ทำได้โดยอาศัยวงจรดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพวงจรของตัวแยกข้อมูล และตัวแยกซิงก์

สัญญาณภาพรวมที่ป้อนเข้ามาจะถูกแคลมป์ (Clamp) โดยวงจรรวมเบอร์ LM1881 ผ่านทางตัวเก็บประจุ ทำให้ระดับแรงดันที่ปลายซิงก์ (Sync. Tip) มีค่าคงที่ประมาณ 1.5 V สัญญาณที่แคลมป์แล้วจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันคงที่ประมาณ 2.3 V ด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) ซึ่งใช้วงจรรวมเบอร์ LM319 เพื่อแยกข้อมูลคำบรรยายภาพออกมาเป็นสัญญาณเชิงเลข ส่วนการแยกซิงก์รวมก็ใช้วิธีเดียวกัน แต่เปลี่ยนระดับแรงดันที่จะเปรียบเทียบเป็นประมาณ 1.75 V รูปคลื่นสัญญาณที่สำคัญแสดงไว้ในรูปที่ 3.3

อนึ่ง สำหรับการแยกซิงก์รวมอาจใช้วงจรรวมเบอร์ LM1881 หรือเบอร์ MC1378 ก็ได้ โดยวงจรรวมทั้งสองเบอร์จะมีตัวแยกซิงก์อยู่ภายใน แต่ซิงก์รวมที่ได้จะมีเวลาประวิง (Delay Time) นานประมาณ 1 ไมโครวินาที ต่างจากเวลาประวิงเมื่อใช้วงจรรวมเบอร์ LM319 ที่มีเพียง 300 นาโนวินาที เนื่องจากเวลาประวิงที่ไม่เท่ากัน ทำให้ข้อมูลคำบรรยายภาพที่แยกออกมาได้ มีเวลาห่างจากขอบขาลงของซิงก์รวมน้อยกว่า 10.5 ไมโครวินาที ตามที่กำหนดในมาตรฐาน การออกแบบตัวประมวลผลคำบรรยายภาพจะยุ่งยากขึ้นเพราะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของเวลาประวิงนี้ด้วย จึงเลือกใช้วงจรรวมเบอร์ LM319 เพียงอย่างเดียว ในการแยกข้อมูลคำบรรยายภาพ และซิงก์รวม



รูปที่ 3.3 รูปคลื่นสัญญาณที่สำคัญในตัวแยกข้อมูล และตัวแยกซิงก์

3.3 ตัวประมวลผลคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้(Thai-English Closed Caption Processor)

ตัวประมวลผลคำบรรยายภาพไทย-อังกฤษแบบซ่อนได้ เป็นชิปที่รวมวงจรเชิงเลขจำนวนมากเข้าไว้ด้วยกัน ทำหน้าที่ในการถอดรหัสคำบรรยายภาพ และสร้างสัญญาณภาพตัวอักษรสำหรับแทรกเข้าไปในสัญญาณภาพรวม ถูกออกแบบด้วยแบบจำลอง VHDL และทำการจำลอง (Simulation) การทำงานด้วยซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หลังจากทำการจำลองจนมั่นใจแล้ว จึงทำการสังเคราะห์ (Synthesis) วงจรออกมา เพื่อนำไปโปรแกรมลงบนชิป FPGA (Field Programmable Gate Array) เนื่องจากตัวประมวลผลนี้มีความซับซ้อนมาก จึงจะขอกล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบไว้ในบทที่ 4

3.4 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำที่ใช้ในเครื่องถอดรหัสนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ หน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Access Memory:RAM) และหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว (Read Only Memory:ROM) สิ่งที่จะต้องเก็บไว้ในหน่วยความจำทั้งสองชนิดนี้ ประกอบด้วย ข้อมูลการโปรแกรมชิป FPGA (FPGA Configuration Data), ข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้ว, รูปแบบอักขระ (Font), โปรแกรมถอดรหัส และข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งแต่ละอย่างมีรายละเอียดดังนี้

1. *ข้อมูลการโปรแกรมชิป FPGA* เนื่องจากชิป FPGA ที่ใช้เป็นของบริษัท Xilinx เบอร์ XC4010E ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ ข้อมูลการโปรแกรมจะไม่อยู่ถาวรในชิปหลังจากที่โปรแกรมแล้ว หากเลิกจ่ายไฟให้แก่ชิปเมื่อไรข้อมูลที่โปรแกรมไว้จะหายหมด ดังนั้นจึงต้องทำการโปรแกรมชิปทุกครั้งหลังเปิดเครื่อง ซึ่งกระบวนการโปรแกรมชิปนี้จะถูกกระทำโดยอัตโนมัติทันทีที่จ่ายไฟให้แก่ชิป ข้อมูลการโปรแกรมชิปนี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว เพื่อที่ข้อมูลจะได้ไม่สูญหายแม้ในขณะปิดเครื่อง เมื่อเริ่มเปิดเครื่องชิปจะสามารถอ่านข้อมูลการโปรแกรมจากหน่วยความจำเข้ามาทำการโปรแกรมตนเองได้ ขนาดของข้อมูลที่ใช้ในการโปรแกรมชิปตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานมีค่าเท่ากับ 178,136 บิต เท่ากับ 22,267 ไบต์

2. *ข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้ว* ข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้วจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม โดยใช้เนื้อที่ในการเก็บแต่ละหน้าเท่ากับ 2048 ไบต์ เครื่องถอดรหัสที่ออกแบบสามารถถอดรหัสคำบรรยายภาพได้ทั้ง 4 ช่องสัญญาณข้อมูล แต่ละช่องสัญญาณข้อมูลใช้เนื้อที่ในการเก็บ 2 หน้า ตรงกับแนวความคิดเรื่องหน่วยความจำแสดงผล (Displayed Memory) และหน่วยความจำไม่แสดงผล (Non Displayed Memory) ของเครื่องถอดรหัส ตามที่อธิบายในบทที่ 2 ดังนั้นรวมจำนวนหน่วยความจำทั้งหมด ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้วเท่ากับ 16,384 ไบต์

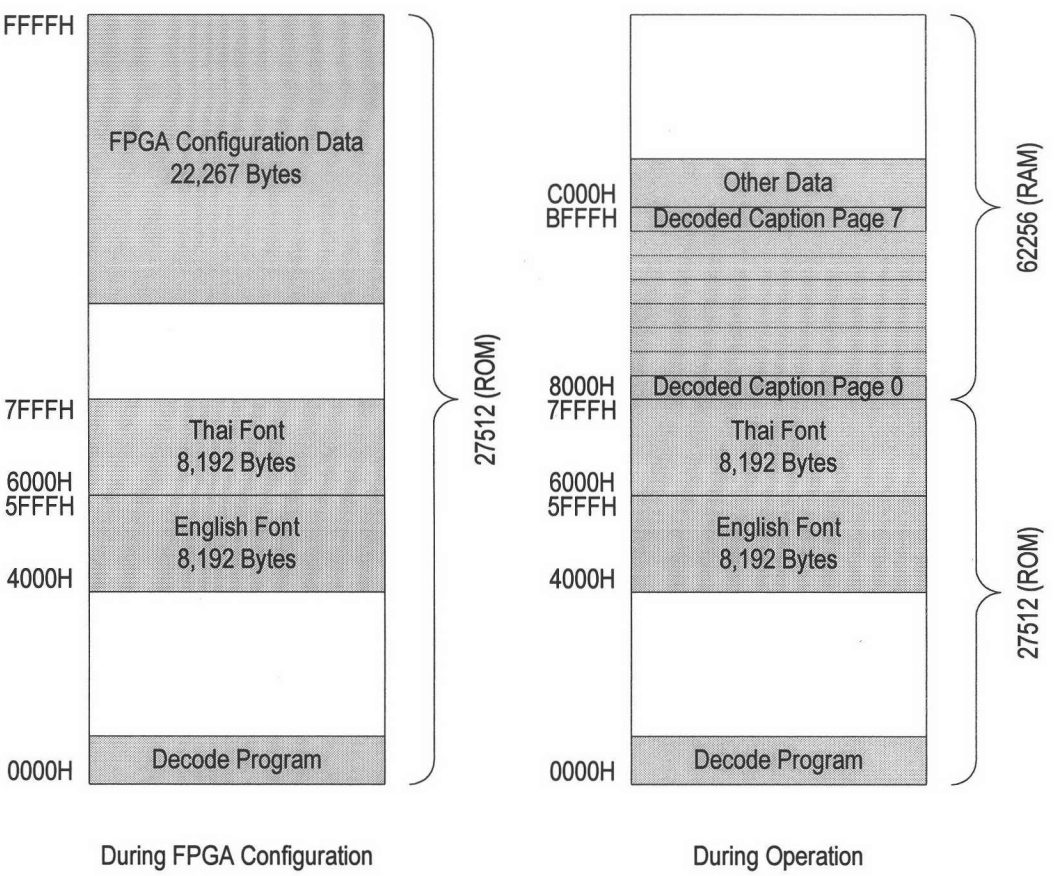
3. *รูปแบบอักขระ* ตัวอักษรที่ใช้แสดงผลคำบรรยายภาพของเครื่องถอดรหัส ถูกออกแบบให้มีขนาดกว้าง 16 จุด สูง 32 จุด แต่ละจุดจะใช้เนื้อที่เก็บ 1 บิต เพราะฉะนั้นรูปแบบอักขระของตัวอักษรแต่ละตัวจะใช้เนื้อที่เก็บเท่ากับ 512 บิต เท่ากับ 64 ไบต์ เนื่องจากรหัสตัวอักษรที่ใช้แสดงผลทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษรวมกันแล้วมีทั้งสิ้น 256 รหัส ดังนั้นเนื้อที่ในการเก็บรูปแบบอักขระทั้งหมดจึงเท่ากับ 16,384 ไบต์ โดยรูปแบบอักขระทั้งหมดนี้จะถูกเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว

4. *โปรแกรมถอดรหัส* ตัวประมวลผลที่ออกแบบจะทำงานตามโปรแกรม ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียวเพื่อทำการถอดรหัสคำบรรยายภาพ หากมีการเปลี่ยนแปลงการเข้ารหัสหรือมีการเพิ่มเติมรหัสควบคุม เครื่องถอดรหัสนี้ก็ยังสามารถทำงานได้ โดยทำการแก้ไขเพียงโปรแกรมถอดรหัสนี้เท่านั้น เนื้อที่ที่ใช้ในการเก็บโปรแกรมนี้มีขนาดไม่ใหญ่มาก ดังนั้นจึงสามารถใช้เนื้อที่ที่เหลือจากการเก็บข้อมูลการโปรแกรมชิป FPGA และรูปแบบอักขระในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียวได้

5. *ข้อมูลอื่น ๆ* ในการทำงานของตัวประมวลผลเพื่อทำการถอดรหัสคำบรรยายภาพ ต้องใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำจำนวนหนึ่ง เพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นบางอย่างไว้ชั่วคราว เช่น ตำแหน่งของเคอร์เซอร์ในแต่ละโมด, แบบการแสดงผลในปัจจุบันของแต่ละโมด และอื่น ๆ ซึ่งใช้เนื้อที่ไม่มากนัก สามารถใช้เนื้อที่ส่วนที่เหลือจากการเก็บข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้ว ในหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่มได้

สิ่งที่เก็บในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว อันได้แก่ ข้อมูลการโปรแกรมชิป FPGA, รูปแบบอักขระ และโปรแกรมถอดรหัส มีขนาดเนื้อที่รวมทั้งสิ้นมากกว่า 38,651 ไบต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้วงจรรวมเบอร์ 27512 ที่มีความจุข้อมูล 65,536 ไบต์ สำหรับหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่มซึ่งเก็บข้อมูลคำบรรยายภาพที่ถอดรหัสแล้ว และข้อมูลอื่น ๆ ต้องการเนื้อที่มากกว่า 16,384 ไบต์ จึงเลือกใช้วงจรรวมเบอร์ 62256 ที่มีความจุข้อมูล 32,768 ไบต์

การทำงานของชิป FPGA มี 2 ช่วง คือ ช่วงการโปรแกรมตนเอง และช่วงการทำงาน ซึ่งทั้งสองช่วงนี้จะมีการจัดการหน่วยความจำไม่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ในช่วงการโปรแกรมตน



รูปที่ 3.4 โครงสร้างการจัดหน่วยความจำ

เอง ชิปจะต้องอ่านข้อมูลการโปรแกรมชิปออกมาจากหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว จึงยังไม่ต้องการใช้หน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม แต่ในช่วงการทำงาน ตัวประมวลผลต้องการใช้หน่วยความจำทั้งสอง ขณะที่ข้อมูลการโปรแกรมชิปไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป จึงมีการจัดตำแหน่งที่อยู่ (Address) ใหม่ โดยให้ตำแหน่งที่อยู่ของหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม ทับกับตำแหน่งที่อยู่เดิมของข้อมูลการโปรแกรมชิป ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว

3.5 ตัวเข้าจังหวะซ้อนทับภาพ (Video Overlay Synchronizer)

หลังจากที่ตัวประมวลผลถอดรหัสคำบรรยายภาพเสร็จแล้ว จะนำเอาคำบรรยายภาพที่ได้มาสร้างเป็นสัญญาณภาพของตัวอักษร ป้อนให้แก่ตัวเข้าจังหวะซ้อนทับภาพ ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้วงจรรวมเบอร์ MC1378 ที่เป็นวงจรรวมสำหรับงานทางด้านนี้โดยเฉพาะ สัญญาณที่ได้รับจากตัวประมวลผลประกอบด้วย

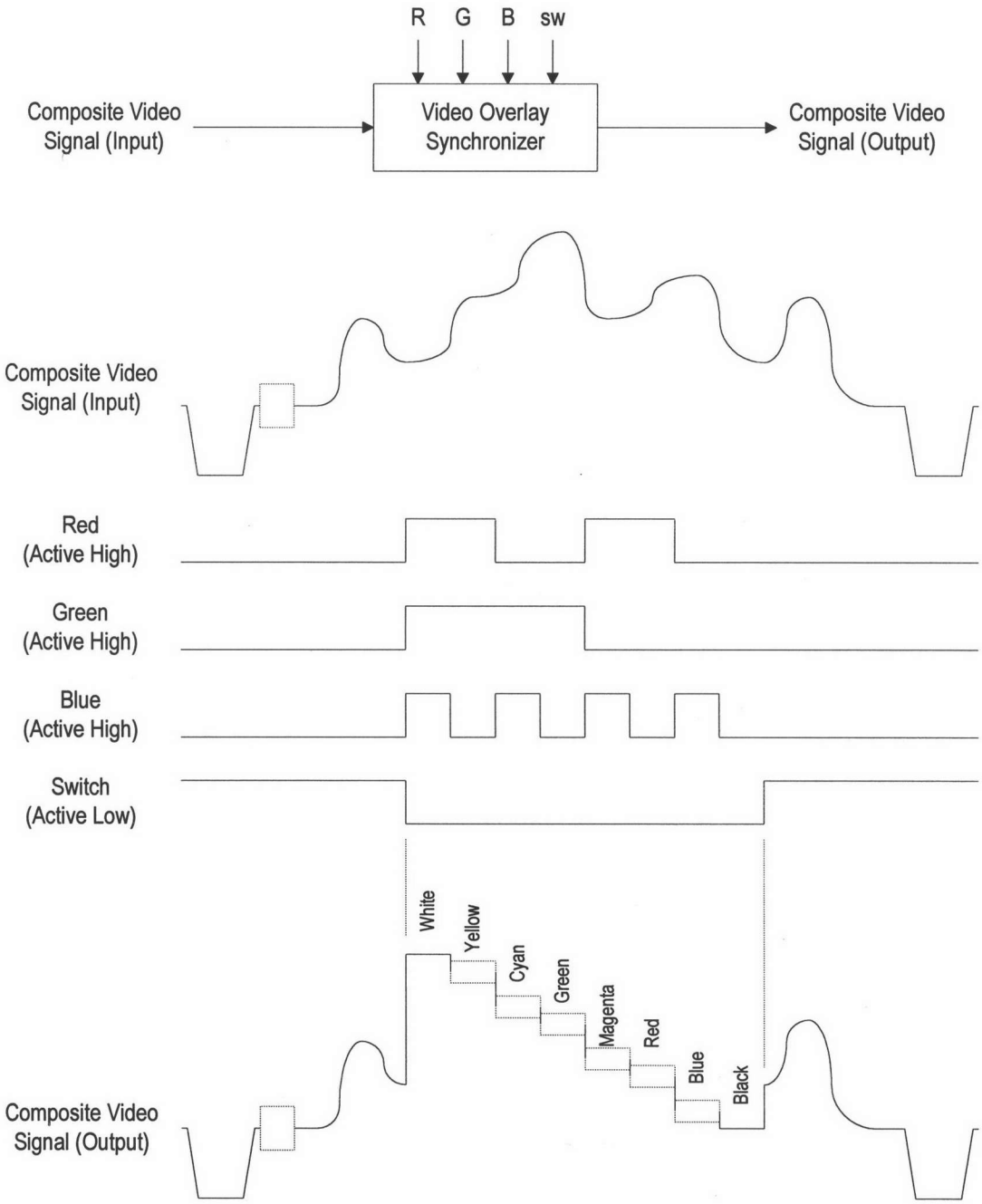
- สัญญาณสั่งให้แทรกสัญญาณภาพ (SW) เมื่อใดที่สัญญาณนี้เป็น '0' วงจรรวมเบอร์ MC1378 จะสลับเอาสัญญาณภาพจากตัวประมวลผล เป็นสัญญาณออกแทนสัญญาณภาพรวมที่ป้อนให้เครื่องถอดรหัส เมื่อสัญญาณนี้กลับเป็น '1' วงจรรวมเบอร์ MC1378 จะสลับเอาสัญญาณภาพรวมที่ป้อนให้เครื่องถอดรหัสเป็นสัญญาณออกเช่นเดิม
- สัญญาณแม่สี 3 สี (R, G และ B) เป็นสัญญาณภาพที่สร้างออกมาจากตัวประมวลผล สัญญาณแต่ละตัวแทนแม่สีที่จะแทรกเข้าไปในสัญญาณภาพรวม สัญญาณ R แทนสีแดง สัญญาณ G แทนสีเขียว และสัญญาณ B แทนสีน้ำเงิน หากสัญญาณที่แทนแม่สีใดเป็น '1' สัญญาณภาพที่แทรกเข้าไปจะมีแม่สีนั้นอยู่ด้วย

ตัวอย่างสัญญาณที่ใช้ในการแทรกสัญญาณภาพรวม ของวงจรรวมเบอร์ MC1378 แสดงไว้ในรูปที่ 3.5

3.6 แผงควบคุม (Control Panel)

แผงควบคุมของเครื่องถอดรหัส ช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องถอดรหัสได้ตามต้องการ ปุ่มบนแผงควบคุมมีอยู่ 4 ปุ่ม ได้แก่ ปุ่มเปิด-ปิดคำบรรยายภาพ (ใช้สั่งให้เครื่องถอดรหัสแสดงหรือไม่แสดงคำบรรยายภาพ), ปุ่มเลือกพื้นหลัง (ใช้เลือกว่าจะให้เครื่องถอดรหัสแสดงพื้นหลังของคำบรรยายภาพเป็นสีดำหรือเป็นภาพ), ปุ่มเลือกโมดการทำงาน (ใช้เลือกว่าจะให้

เครื่องถอดรหัสทำงานในโมดใดระหว่างโมดคำบรรยายภาพกับโมดข้อความ) และปุ่มเลือกภาษา (ใช้เลือกภาษาที่จะให้แสดงผล)



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างสัญญาณที่ใช้ในการแทรกสัญญาณภาพรวม