บทที่ ๒

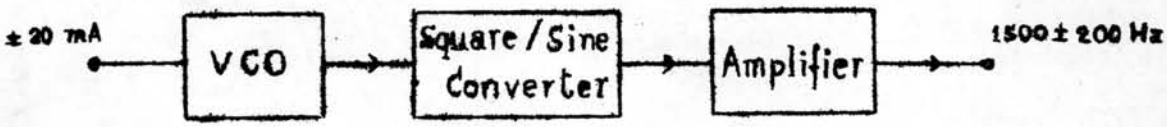
การออกแบบระบบวงจร

จากหลักการของเครื่องประกอบการรับส่งสัญญาณโทรพิมพ์ทั้ง ๕ แบบ ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ ๑ อาจปรับปรุงและพัฒนาการออกแบบระบบวงจรของภาค F S K และ F S Converter ได้ดังต่อไปนี้

๒.๑ ภาค F S K.

ออกแบบวงจร Oscillator ชนิดที่ความถี่ของวงจรเปลี่ยนแปลงอย่าง linear กับส่วนประกอบของวงจร และไม่ใช้ L C Oscillator เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ inductor ที่มีค่ามาก ดังนั้นจึงออกแบบวงจร Voltage Controlled Oscillator(VCO) วงจร VCO นี้ ความถี่ของวงจรเปลี่ยนแปลงอย่าง linear กับ controlled voltage และเลือกวงจร VCO อย่างง่ายที่เป็นแบบ R C Oscillator ดังนั้นเมื่อป้อนสัญญาณโทรพิมพ์ไปควบคุม controlled voltage ให้เปลี่ยนแปลงไปอย่างเหมาะสม ก็จะได้ F S signal ตามต้องการ แต่เนื่องจากการใช้วงจร VCO อย่างง่ายมักจะเป็นวงจรประเภทเดียวกับ Asteble Multivibrator จะได้ Wave form เป็น square wave จึงต้องใช้วงจร Square/Sine Converter ประกอบจึงจะได้ F S signal ที่เป็น sinusoidal signal ตามต้องการ ดังนั้น Block diagram ของภาค F S K จะได้ดังรูป ๒.๑

006297

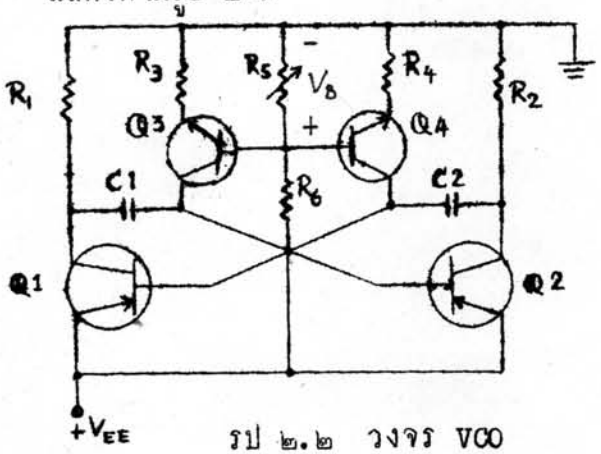


รูป ๒.๑ Block diagram ของภาค F S K

๒.๑.๑ วงจร VCO อย่างง่ายใช้วงจรแบบ Astable Multivibrator

1181714124

แต่ตัวรีซิสเตอร์ที่เป็น time constant ของวงจรนั้นเปลี่ยนไปใช้เป็น constant current source แทนก็จะได้วงจร VCO ที่มี linearity ระหว่างความถี่และ Controlled voltage ดีมาก [๓] และวงจรนี้แสดงตามรูป ๒.๒



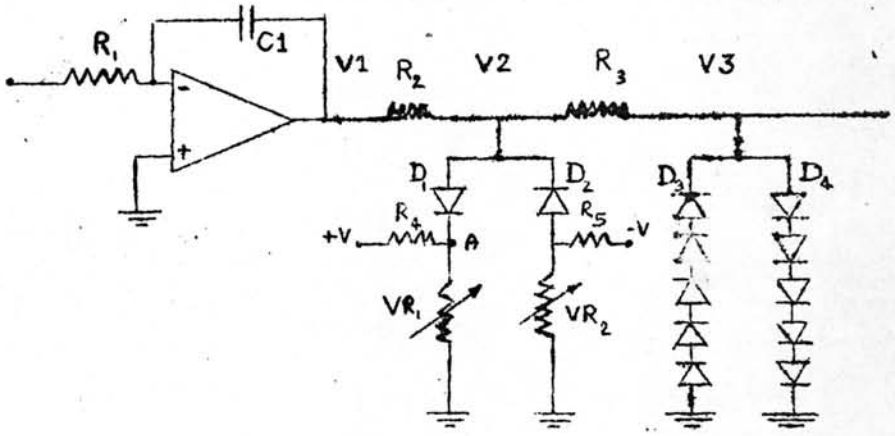
รูป ๒.๒ วงจร VCO

Q 1 และ Q 2 ประกอบกันเป็นวงจร Astable Multivibrator Q 3 และ Q 4 เป็น Constant current source เพราะว่าความถี่ของวงจรขึ้นอยู่กระแสที่ charge และ discharge ผ่าน C 1 และ C 2 ซึ่งกระแสดังกล่าวไหลผ่าน Q 3 และ Q 4 มีค่าคงที่และถูกควบคุมโดย Controlled Voltage, V_B ดังนั้นความถี่ของวงจรก็เปลี่ยนแปลงตาม V_B ด้วย นั่นคือเมื่อเราป้อนสัญญาณโทรพิมพ์ทำให้ V_B เปลี่ยนแปลงอย่างเหมาะสมก็จะได้ F S signal ที่มีรูปเป็น square wave

---

[๓] Millman and Taub "Pulse, Digital and Switching Waveforms" McGraw - Hill 1965 P. 440

๒.๑.๒ วงจร square/sine converter อย่างง่ายทำได้โดยเปลี่ยน square wave ให้กลายเป็น triangular wave เสียก่อนแล้วใช้ characteristic ของ diode ทำการ shape ให้ triangular wave เปลี่ยนเป็น sine wave ดังแสดงในรูป ๒.๓ [๔]



รูป ๒.๓ วงจร Square/Sine Converter

๒.๑.๓ ภาคสุดท้ายของ F S K เป็นวงจรขยายสัญญาณธรรมดา เพื่อให้สัญญาณที่จะส่งมีกำลังเพียงพอ และทางด้าน out put เป็นแบบ transformer Coupled เพื่อเป็นการ Isolate ด้าน out put กับ line ที่ส่งออกไป

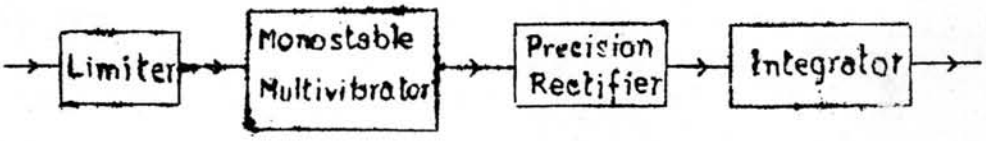
๒.๒ ภาค F S Converter

ออกแบบวงจรระบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้แทนวงจร discriminator

---

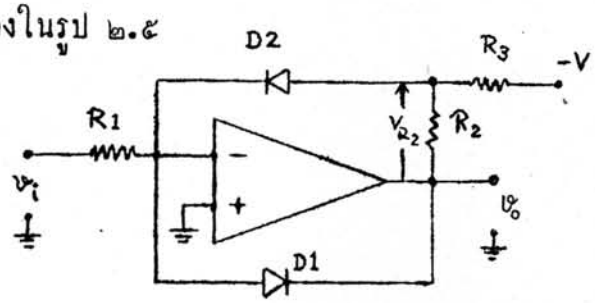
[๔] "Compact Function Generator with Enchanced Capability / Cost Ratio Hewlett - Packard Jounal. July 1973. P. 17

แบบเดิมและเป็นวงจรที่ใช้ Integrated Circuit ดังนั้นจึงออกแบบระบบ Time Averaging Frequency Demodulation[๕] ซึ่งมีหลักการเปลี่ยน F S signal ให้กลายเป็น rectangular pulse train ซึ่งแต่ละ pulse มี pulsewidth ที่เหมาะสมสำหรับ F S signal ที่เป็น Mark ก็จะได้ pulse train ซึ่งจะมี period สั้น แต่ถ้าสัญญาณเป็น Space ก็จะได้ pulse train ซึ่งมี period ยาว แล้วนำ pulse train ไปหาค่าเฉลี่ย ก็จะได้ d c voltage ที่มีระดับสูงและต่ำตามลำดับ ดังนั้นก็จะได้สัญญาณโทรพิมพ์เพื่อส่งไปควบคุม Relay ต่อไป ระบบ Time Averaging Frequency Domodulation ที่กล่าวมาแล้วอาจแสดงด้วย block diagram ได้ดังรูป ๒.๔



รูป ๒.๔ ระบบ Time Averaging Frequency Demodulation

๒.๒.๑ วงจร Limiter ทำหน้าที่จำกัด Amplitude ของสัญญาณให้มีค่าคงที่อยู่ที่ระดับใดระดับหนึ่งตามต้องการ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ rectifier อีกด้วย ดังแสดงในรูป ๒.๕



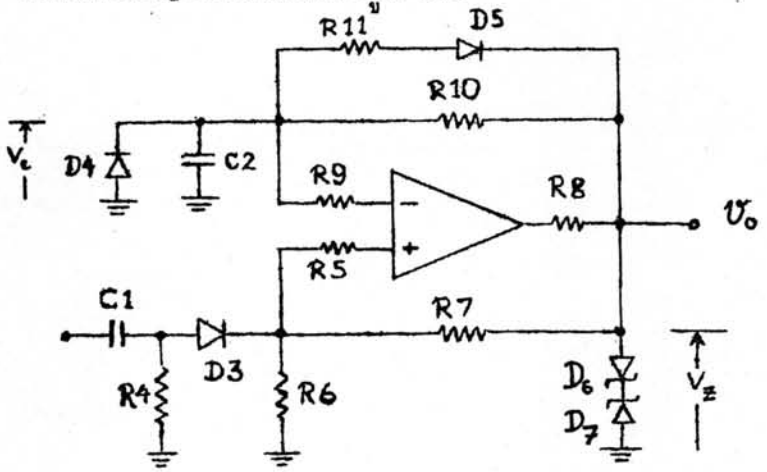
รูป ๒.๕ วงจร Limiter

---

๕ Tobey - Graeme - Huelsman "Operational Amplifiers Design And Applications" Burr - Brown 1973 P. 419

supply voltage -V จ่ายให้กับ R2 และ R3 เกิด voltage ตกคร่อม R2 คือ VR2 และ VR2 คือ limit voltage เมื่อสัญญาณ input ซึ่งเป็น Frequency shift signal เป็นบวกจะไม่มี output voltage เนื่องจาก diode D 1 เมื่อสัญญาณ input เป็นลบ output จะเปลี่ยนตาม input และถูกจำกัดไว้ที่ค่า VR 2

๒.๒.๒ <u>วงจร Monostable Multivibrator</u> เป็นวงจรซึ่งเปลี่ยน F S signal ให้กลายเป็นpulse แสดงดังรูป ๒.๖

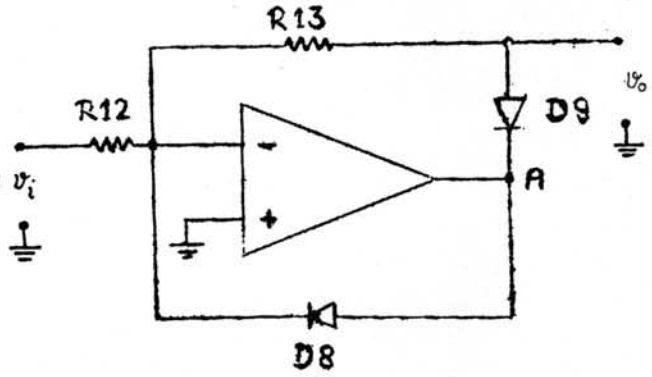


รูป ๒.๖ วงจร Monostable Multivibrator

Steady state ของวงจรนี้ output มีค่า - V_z V_c คือโวลเตจตกคร่อม C_2 จะ clamp อยู่ที่ −๐.๖ โวลต์ เนื่องจาก diode D4 เมื่อมี positive trigger pulse ที่มีค่ามากกว่า $+V_z/2$ ป้อนเข้ามาทาง input บวก จะทำให้ output เปลี่ยนแปลงโดย switch - V_z ไปเป็น $+V_z$ (เมื่อกำหนด R6 = R7) แล้ว C2 จะเริ่ม charge ผ่าน R 10 ทำให้ Vc เป็นบวกเพิ่มขึ้นทุกที เมื่อ Vc มีค่า $+ V_z/2$ output voltageก็จะกลับไปเป็น $-V_z$ ตามเดิม ซึ่งเป็นการทำงานครบ ๑ Cycle C1 และ R 4 เป็นวงจร differentiate สำหรับทำให้เกิด trigger pulse D 6 และ D 7 เป็น Zenor diode

ทำหน้าที่เป็นตัว limiter จำกัดค่า output ให้คงที่อยู่ที่ $+V_z$ และ $-V_z$

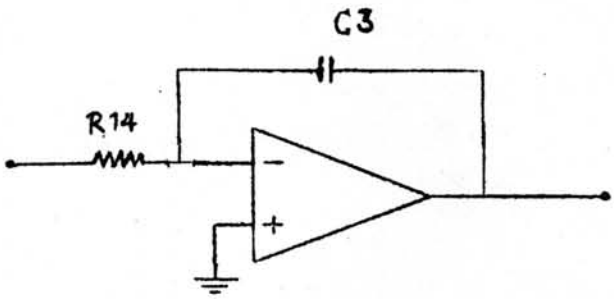
๒.๒.๓ <u>วงจร Precision Rectifier</u> แสดงตามรูป ๒.๗ วงจรนี้จะเปลี่ยน input pulses ให้กลายเป็น negative pulses



รูป ๒.๗ วงจร Precision Rectifier

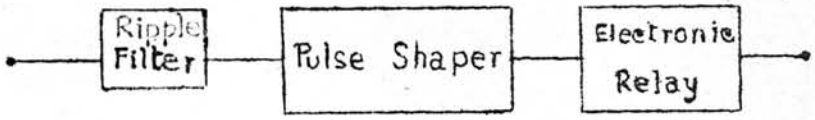
และจะได้ output เป็นลบเสมอเนื่องจาก diode D 8

๒.๒.๔ <u>วงจร Integrator</u> เป็นวงจรซึ่งทำการหาค่าเฉลี่ยของ pulse train ดังนั้น negative pulse train จะเปลี่ยนเป็น d.c. voltage ที่เป็นบวก ถ้าเป็นสัญญาณ Mark ก็จะได้ค่าเฉลี่ยของ d.c. voltage ที่สูงขึ้น และถ้าเป็นสัญญาณ space ก็จะได้ d.c. ที่มีโวลเตจที่ต่ำลง วงจรแสดงดังรูป ๒.๘



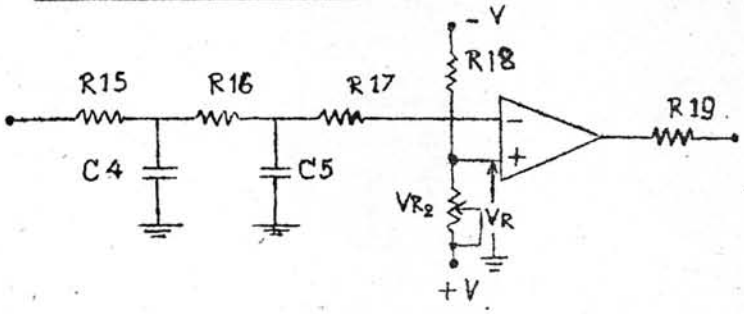
รูป ๒.๘ วงจร Integrator

๒.๒.๕ วงจรตอนท้ายของภาค F S Converter ได้แก่วงจรควบคุม Relay และตัว Relay ได้ออกแบบสร้างวงจรควบคุมและใช้ electronic relay เพื่อป้องกันเสียงที่เกิดจากการ spark ของ contact Block diagram ของชุดนี้แสดงในรูป ๒.๙



รูป ๒.๙ Block diagram ของระบบควบคุม Relay

๒.๒.๖ วงจร Ripple Filter และ Pulse Shaper แสดงดังรูป ๒.๑๐

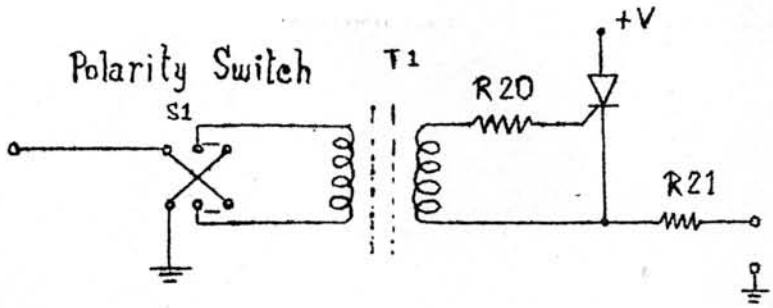


รูป ๒.๑๐ วงจร Ripple Filter และ Pulse Shaper

เนื่องจากสัญญาณโทรพิมพ์ที่ได้หลังจากผ่านวงจร integrator แล้ว ยังไม่เป็น square wave โดยสมบูรณ์ ต้องทำการแต่งรูปร่างของ wave form ก่อน โดยใช้วงจร low pass filter แล้วผ่านมาเข้าวงจร pulse shaper ซึ่งใช้วงจร comparator อย่างง่าย ๆ ด้าน non inverting input จัด reference voltage ไว้ค่าหนึ่งเป็นบวก V_R ทำให้ output ได้ + V ตลอดเวลาเมื่อมีสัญญาณ input เข้ามา ถ้าสัญญาณมีระดับต่ำกว่า V_R Output จะได้ +V ตามเดิม แต่ถ้าสัญญาณมีระดับสูงกว่า V_R แล้ว output ก็จะได้ -V

ทันที ดังนั้นเมื่อปรับ V_R ให้เหมาะสม ก็จะได้สัญญาณที่เป็น square wave อย่างแท้จริง

๒.๒.๗ วงจร electronic relay อย่างง่าย ๆ ใช้ Silicon Controlled Rectifier (S C R) ทำหน้าที่ switch ดังแสดงในรูป ๒.๑๑

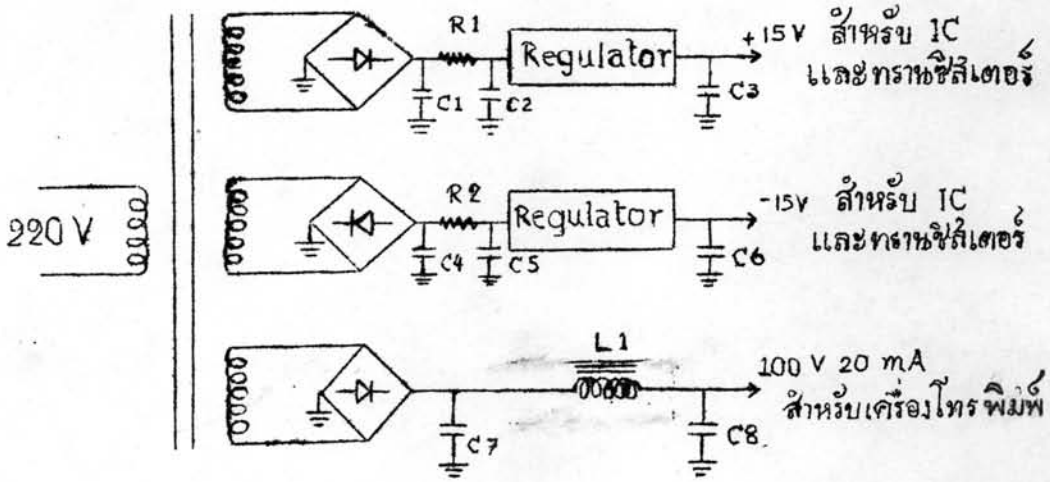


รูป ๒.๑๑ วงจร Electronic relay

ด้าน input ใช้ pulse transformer conpled เพื่อแยกสองด้านออกจากกัน และมี Polarity switch เพื่อสลับ polarity ของสัญญาณ ในช่วงสัญญาณที่เป็นบวก จะมี positive trigger เกิดขึ้นที่ gate ของ S C R ทำให้ S C R conduct และมีกระแส + 20 mA จ่ายไปให้เครื่องโทรพิมพ์เมื่อสัญญาณเป็นลบ จะเกิด induce current ไหลต้านกระแสที่ไหลผ่าน S C R ทำให้ S C R cut off

๒.๓ ภาค Power Supply

ออกแบบวงจร power supply ๓ ชุด เป็น regulated power supply ๒ ชุด สำหรับวงจร IC และทรานซิสเตอร์ และ unregulated power supply ๑ ชุด สำหรับจ่ายให้เครื่องโทรพิมพ์ ดังรูป ๒.๑๒



รูป ๒.๑๒ วงจร power supply

ชุด regulated power supply ออกแบบวงจร regulator อย่างง่ายที่ใช้ IC ตัวเดียว ส่วนชุด unregulated power supply วงจร filter ใช้แบบ L C filter