

DIY JOURNAL

YEAR BOOK 2004

ND PRACTICES

THE JOURNAL



Issue 15

Real Audio Should Glow In The Dark

PREFACE

เคยคิดไหมครับว่าทำไมเครื่องเสียงที่ใช้หลอดสูญญากาศซึ่งจะว่าไปแล้วได้ถูกสร้างขึ้นมามีอายุปีแล้ว ยังสามารถสะกดให้เราซาบซึ้งไปกับเสียงดนตรีในปัจจุบันได้ วิวัฒนาการและคุณภาพของเสียงนั้นแทบจะไม่ได้สร้างความแตกต่างอย่างก้าวกระโดด ไม่เหมือนเทคโนโลยีทางด้านอื่นเช่น อากาศยาน หรือ พันธุกรรม ซึ่งเราจะเห็นได้ว่ามีความก้าวหน้าจนเรานึกภาพไม่ออก นั่นอาจเป็นเพราะว่าเครื่องเสียงนั้นได้ถูกตัดสินคุณภาพสุดท้ายด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดอ่อนสูงยิ่ง ซึ่งก็คือหูของเรานั่นเอง

นอกจากนั้นแล้วเป้าหมายหลักในการที่เครื่องเสียงได้ถูกทำขึ้นมานั้น หนึ่งในหลายๆ เป้าหมายก็คือ การถ่ายทอดเสียงดนตรี ซึ่งดนตรีเองก็มีองค์ประกอบหลายต่อหลายอย่างอยู่ในตัวของมัน ซึ่งอย่างหนึ่งที่สำคัญมากๆ ก็คือ อารมณ์ของดนตรีนั้นๆ เพลงๆ เดียวกัน ฟังในสถานที่หรือเวลาที่ต่างกัน ย่อมสร้างอารมณ์หรือการเข้าถึงจิตใจเราได้แตกต่างกัน ผมคิดว่าความสุขในการได้เสพย์เสียงดนตรีนั้น เกิดจากอารมณ์และการที่ดนตรีนั้นได้แทรกซึมเข้าไปในจิตใจของเราแค่ไหน สำหรับผม ดนตรีจะไร้ความหมาย จะเป็นเพียงแค่ ‘เสียง’ เท่านั้น หากมันไม่สร้างความรู้สึกใดๆ ให้เกิดขึ้น

เครื่องเสียงที่เราสร้างด้วยมือของเราเอง ที่ผมคิดว่ามันเป็นสิ่งที่จะสามารถถ่ายทอดหรือ ‘แสดง’ สิ่งที่จะเข้าถึงจิตใจของผู้ที่สร้างสรรค์มันขึ้น ไม่จำเป็นหรอกครับที่มันจะต้องทำตัวเป็นกลางต่อสื่อหรือดนตรีที่บ้านที่มากมายแรงแรงครัด ไม่ต้องกลัวว่าคุณจะชอบมันมากในวันนี้แล้วเกลียดมันในวันพรุ่งนี้ ไม่ต้องกังวลว่า มันจะดีหรือเลวกว่าเครื่องเสียงที่คุณได้ฟังผ่านหน้าทีวีแล้วผ่านหนังสืออีกที เพราะอะไรเล่าครับ

เพราะมันเป็นสิ่งที่คุณทำขึ้นมาเองไงครับ คุณไม่ชอบ คุณก็แก้ไข รั้วใหม่ จูนใหม่ได้ตลอดเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่คุณไม่สามารถทำได้กับเครื่องราคาแพงๆ ที่คุณเคยซื้อ ที่ผมเขียนเรื่องนี้ซ้ำๆ ซากๆ ก็เพราะผมได้อ่านเรื่องซ้ำซากเกี่ยวกับเครื่องเสียงที่ต้องไฮเอนด์ (เท่านั้น) ที่ให้เสียงได้เป็นกลาง โดยไม่มีสีสันใดๆ จากหนังสือในท้องตลาด ซึ่งถ้ามีจริง ผมคิดว่าคงจะขายไม่ออกเป็นแน่ ข้อแรก ท่านนักวิจารณ์เหล่านั้น ทราบได้อย่างไรว่าดนตรีที่ท่านฟังอยู่นั้นบันทึกมาอย่างเป็นกลาง อันที่จริงถ้าท่านได้เห็นขั้นตอนในการบันทึกเสียงในสตูดิโอ นั้น คงจะเปลี่ยนแนวความคิดเป็นแน่ ข้อสอง ผมคิดว่าไม่มีเด็กทอริกส์ใดและลำโพงใดในโลก ที่จะสามารถสร้างเสียงได้เหมือนดนตรีจริงๆ หรือครับ ผมไปฟังดนตรีสดที่ไร คิดว่าถ้าเครื่องเสียงที่บ้านทำเสียงได้เหมือนนี้ มันจะฟังได้ไหมนี้ ดังนั้นจะมีประโยชน์อันใดในการที่จะต้องเหมือน คิดง่ายๆ นะครับ ถ้าเมื่อไรมีเครื่องที่มีความสามารถถึงว่าขึ้นมา หนูคู่ใดละครับที่จะบอกได้ว่ามันเป็นกลางจริง มันคงจะเถียงกันไป บลัฟกันมา จนไม่เหมือนอยู่ดีละครับ ย่อหน้าสุดท้ายนี้ ผมคงจะต้องขอบันทึกไว้ว่า ผมเขียนบทบรรณาธิการนี้ในขณะที่ประเทศของเราอยู่ในช่วงของการประสบภัยพิบัติร้ายแรงที่ภาคใต้ อันทำให้บรรยากาศปีใหม่นี้ปีนี้มีเศร้าสร้อย เศร้าอยู่ในสายลมเย็นๆ ซึ่งทำให้ผมคิดได้ว่า ชีวิตมนุษย์นั้น ช่างเล็กจ้อยและบอบบางเหลือเกิน เมื่อเทียบกับ ธรรมชาติ

***On and on the rain will fall
Like tears from a star
On and on the rain will say
How fragile we are***

ประติษฐา สิงหาราช

29 ธันวาคม 2547

©บทความทั้งหมดในเอกสารชุดนี้ สงวนลิขสิทธิ์การตีพิมพ์, ทำซ้ำและดัดแปลงโดยผู้เขียนบทความ
วงจรต่างๆ อนุญาตให้ใช้ได้ในงาน DO IT YOURSELF เท่านั้น

TABLE OF CONTENT YEARBOOK 2004 ISSUE

Pages	Topic / Article
a	PREFACE..... บทบรรณาธิการ
b	Table of Content..... เล่มนี้มีอะไรบ้าง?
A/1	The Three Tower..... 2A3 SE Amp with Interstage Coupling
B/1	แท่นวาง CD DIY..... จะซื้อก็แพงไป ทำเองง่าย ๆ ดีกว่า
C/1	Basic Vacuum Tube Electronics Part 2..... มาต่อภาค 2 กันด้วย Power Stage
D/1	มาแหวกแนวลองเล่น Active Filter and Open Baffle กันสักหน่อยไหม..... เน้นนอน
E/1	DIY Experiment "The DHT Smooth"..... อีกหนึ่ง 2A3 SE Amp ในปีนี้
F/1	มาทำความรู้จักกับ Impedance ในสายกันเถอะ..... Impedance สำคัญไฉน?
G/1	อีกหนึ่งความรู้จักดี ๆ กับ 2A3 Push Pull Amplifier..... ไม่ได้มีดีแค่ Single-Ended นะ
H/1	Rebuilt My First Valve Amp..... ของเก่าก็เอามาชุบชีวิตใหม่ได้และดีด้วย
J/1	DIY Head Amp OTL..... ประสบการณ์แรกของ DIY Journal กับหูฟัง
K/1	"The Mojo" VT-52 Single-ended Triode Amplifier..... แอมป์สวย เสียงใส
L/1	มาทำความรู้จัก Class D กันเถอะ..... Digital Amp ทำงานอย่างไร อ่านได้ที่นี้
M/1	พลิกวิกฤตเป็นโอกาส..... วิกฤตที่เกิดกับ Amity ทำให้เกิดเป็น Amp ใหม่ใหม่
N/1	Current Source Regulation Preamplifier..... อีกหนึ่งแนวคิดกับ SRPP
O/1	"DITC" DAC In the Chest..... อีกหนึ่ง Version ของ Non-OS DAC TDA1541A
P/1	Sound Practices..... หนังสือที่เป็นแรงบันดาลใจแก่ DIYer ทั่วโลก
Q/1	Universal SE Amplifier..... EL38 SE Amplifier อีกหนึ่งโครงงานจากนักทดลอง

สำหรับ DIY Journal Yearbook 2004 ฉบับนี้ เราได้การสนับสนุนอนุเคราะห์บทความจากเพื่อนๆ ในกลุ่ม Mailing List มากกว่าปีก่อนๆ ทั้งจากนักเขียนหน้าเดิมและนักเขียนหน้าใหม่อีกหลายคน รวมทั้งหมดแล้วถึง 16 บทความทีเดียวครับ มีทั้งบทความเชิงวิชาการเช่น *Basic Vacuum Tube Electronics Part 2* และมาทำความรู้จักกับ *Impedance* ในสายกันเถอะ เป็นต้น หรือบทความที่เป็นสาระอย่างเช่น *Sound Practices* และบทความโครงงานที่น่าสนใจอีกมากมายเช่น เรื่องของ *Active Filter & Open Baffle* และ *DIY Head Amp OTL* เป็นต้น ก็ขอขอบคุณนักเขียนทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย หวังว่าบทความต่างๆ เหล่านี้จะเป็นความรู้ เป็นข้อมูล และให้แรงบันดาลใจกับผู้อ่านทุกๆ ท่าน ได้พัฒนาความรู้และมีมือในงานอดิเรกของเราอย่างไม่มีที่สิ้นสุดนะครับ

ทีมงาน DIY JOURNAL YB2004

20 มกราคม 2548



Author: Sakorn S.

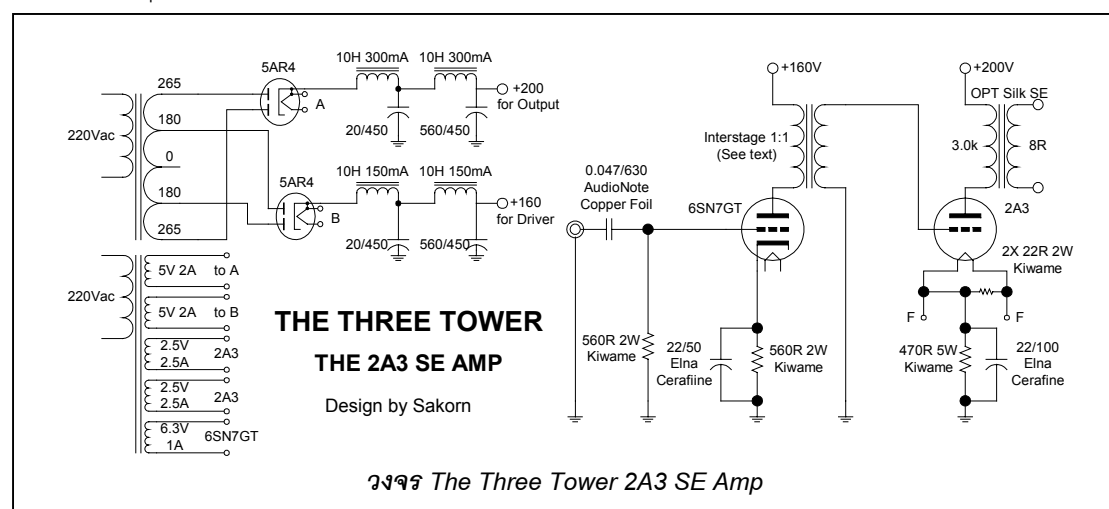
ในที่สุดแอมป์หลอดตัวที่สองในชีวิตของ
ผมก็เสร็จสมบูรณ์ (ไม่สิ... 'ไม่สมบูรณ์หรอก ในโลก
ของ DIYer ไม่มีคำว่าเสร็จ แอมป์ทุกตัวที่ทำแล้ว
มากกว่า 80 เปอร์เซนต์จะถูกยำอีกครั้งภายในไม่
เกิน 6 เดือน ยืนยันจากการสำรวจของ "โกหกโพล"
ครับผม) จริงๆ แล้วตอนแรกว่าจะตั้งชื่อมันว่า The
NPL Amp ให้เป็นเกียรติ (หรือเปล่า?) กับตัวเองที่
ได้กลายเป็นบุคคล NPL ไปแล้ว แต่พอได้เห็นรูป
เสร็จตัวเต็มๆ เมื่อโคลสอัพเข้าไปดูที่ส่วนภาคขยาย
(รูปที่1) ผมเห็นหลอด 2A3 กันหลอด 6SN7GT
แล้วให้นึกถึง ปรากฏการณ์มาตังเคียงกัน แถมน่าจะ
ตัวนี้ก็เป็นแอมป์หลอด มันก็น่าจะเหมาะกับชื่อที่
แอบอึบมาจาก Lord ด้วยครับผม (หวังว่าคุณป
เตอร์กับคุณเจอาร์คงไม่ว่าผมเน้อ....)

ปรุ้มบท : กำเนิด The Three Tower

แรกเริ่มเดิมทีหลังจากที่ผมต้องย้ายมาอยู่
ในหอพักเล็กๆ ขนาด 3x3 เมตร โดยไม่มีอะไรในซิส

เต็มเลย ผมคิดที่จะทำซิสเต็มเล็กๆ ไว้ใช้บรรเทา
ทุกข์ (กิเลสทางเสียงนะครับ) เน้นออนคุณๆ เมื่อเห็น
ห้องขนาดนี้ ช่างเป็นเรื่องที่เลวร้ายอะไรกับระบบ
เสียงเสียนี้กะไร ก้องเน่ๆ แถมคงหวังอะไรกับเบส
ไม่ได้... อย่างกระนั้นเลยผมทำชุดที่ไม่ต้องหวังอะไร
กับเบสหรือไดนามิก อิมม!!! มันน่าจะเป็น... แอมป์
ตัวเล็กๆ เล่นกับลำโพงขนาดย่อมๆ ตอนแรกเล็งไป
ที่หลอดเบอร์ 45 แต่เมื่อคิดถึงกำลังของมัน ผมยัง
ไม่พร้อม กับฮอว์นหรือโลว์เธอร์ ที่จะได้ความไว
ขนาดนั้น คิดไว้ว่าถ้าเป็น Driver Fostex ชัก 4-6
นิ้ว อาจจะต่อตู้ปิดหรือไม่กี่ทรานส์มิชชั่นไลน์
(Transmission Line) ขนาดย่อมๆ น่าจะลงตัวกว่า
ผมจึงมาลงตัวกับ 2A3 ที่ให้กำลังได้ราวๆ 3 วัตต์

เมื่อคิดถึงหลอด 2A3 ผมก็คิดถึงหลอด
ไดรฟ์เป็น 6SN7GT ขึ้นมาทันที เพราะเคยฟังที่เข้า
ชุดกันแล้วยังถูกใจอยู่ไม่หายครับ พอลงได้อย่างนี้
ผมก็เริ่มออกแบบวงจร เนื่องจากว่าแอมป์ตัวนี้เป็น





The Three Tower บนแผงไม้ลายงาม

ตัวที่สอง วิชาเริ่มจะมีติดตัวแล้วเลยอยากลองกับหลักอะไรใหม่ๆ (สำหรับผม) ดูบ้าง เลยตั้งธงไว้ดังนี้ครับ

1. สองสเตจ เชื่อมต่อระหว่างภาคด้วย Inter-stage Transformer หลังจากหลงต้องมนต์จากบทความของคุณอาร์ตนั้นแหละครับเลยได้ตัดสินใจ
2. ภาคจ่ายไฟหลอดตลอดสาย แยกจ่ายอิสระ ระหว่างภาคเพาเวอร์และภาคไดรฟ์
3. เมื่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ก็ไม่อยากเกินไปที่จะทุบทุบสร้าง ขว้างทุบเสียง เขวี้ยงทุบเสนอ แหะแหะ..... นอกเรื่องไปหน่อยขออภัยครับ ลงทุนให้เต็มที่กับอุปกรณ์ตัวสำคัญๆ เพราะมันน้อยชิ้น แล้วก็พอจะจ่ายได้ครับ ดูรายละเอียดการใช้ของ (แบบไม่เกรงใจกระเป๋าตังค์เมีย) ได้ในรูปแบบวงจรนะครับ

Driver 6SN7GT Working Condition

Plate Supply Voltage : 160V

Plate Current : 7.6mA, Self-bias 4.0V

Load Impedance : 30000R (Inductive)

Power 2A3 Working Condition

Plate Supply Voltage : 200V

Plate Current : 66mA, Self-bias 30.0V

Load Impedance : 3000R (Inductive)

หุติยบท : เก็บเล็กเก็บน้อย-ก่อร่างสร้างตัว

นับว่าเป็นแอมป์ที่ผมใช้เวลาทำนานที่สุดในชีวิตเลยก็ว่าได้ ใช้เวลาสะสมชิ้นส่วนต่างๆ กว่าห้าเดือน เมื่อได้ครบแล้วมานั่งประกอบแบบถนัดศรี (ทำแอมป์ให้เสียงอรรอย ต้องใจเย็นๆ อธิธิ...) อีกร่วมๆ เดือน หลังจากเสร็จแล้วก็ได้น้ำตาตางที่เห็นในรูปนะครับ

ในส่วนของตัวเองแทนผมไปปิ้งกับแผ่นพาร์ติเคิลบอร์ดปะผิวที่ใช้ทำชั้นวางของติดผนังที่วางขายอยู่ในโฮมโปร แผ่นละร้อยกว่าบาทเองครับ ถูกกว่าแทนอลูมิเนียมเป็นกอง ผมอยากให้เพื่อนๆ นักDIYer ด้วยกันยึดหลักมองให้รอบครับ คือเริ่มจากการมองไปรอบๆ เอาจ่อนว่า มีอะไรที่จะจับมาตั้มยำทำแกงได้บ้าง ไม่จำเป็นที่เราจะต้องทำให้เหมือนของใครหรอกนะครับ ยิ่งในส่วนตกแต่งรูปกายภายนอกนี้ ถ้าหาของแปลกๆ มาทำได้ เครื่อง

ของเราก็กล่าวได้เต็มปากว่า เครื่องชิ้นเดียวในโลกครับ

บทส่งท้าย : ความสุขกับเสียงดนตรี

ในเรื่องเสียงผมยังไม่สามารถบอกอะไรได้เพราะฟังจะมีแอมป์แค่นั้นเองครับ
ปัจจุบันป้อนสัญญาณจาก CD-ROM โดย

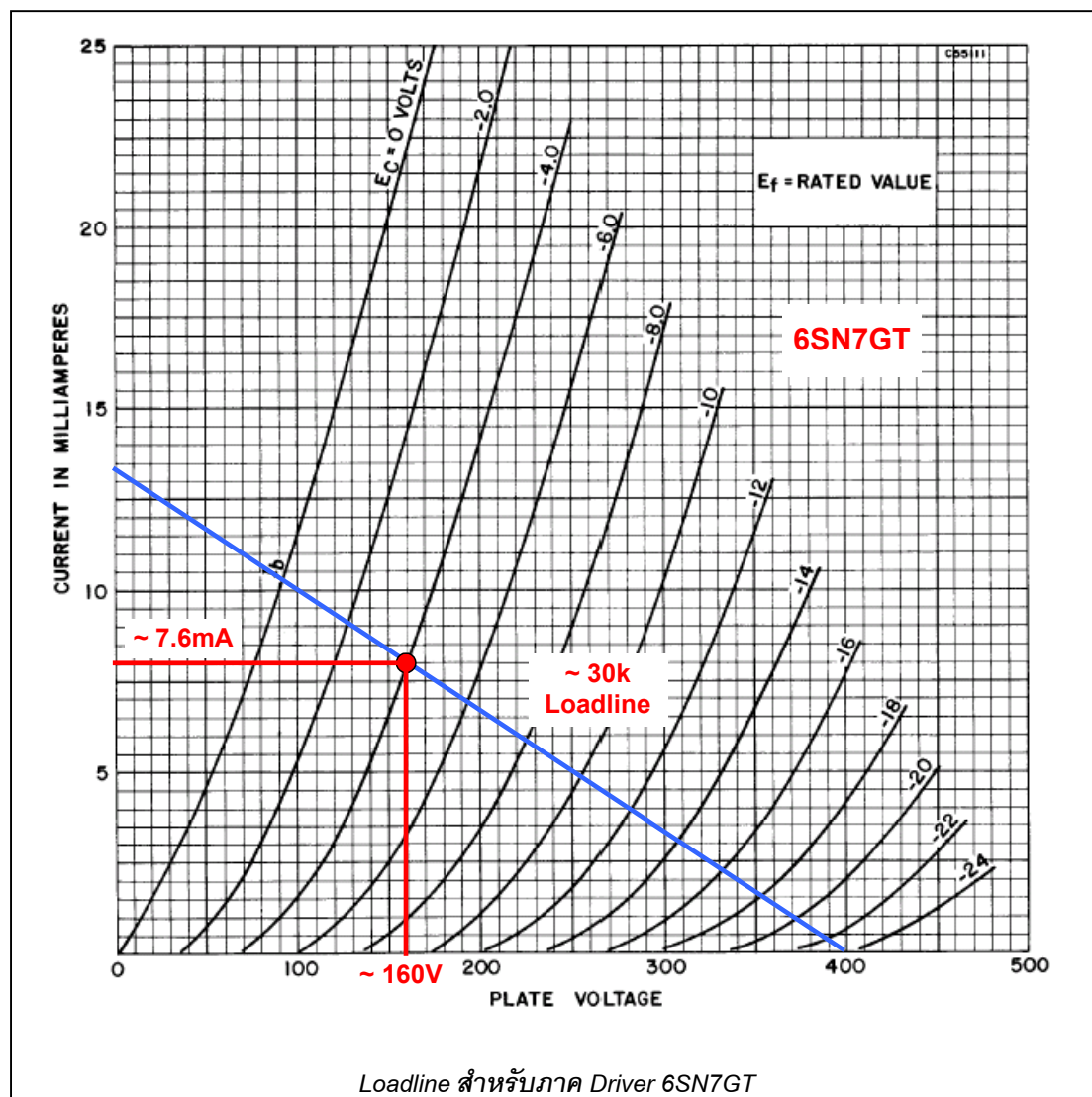
S 1000	P 1000	S 1000	P 1000
S 1000	P 1000	S 1000	P 1000

Core

1:1 Interstage Winding Data

Core size : 32mm x 32 mm
M6 Grade Core
P : 2000+2000 Turns 44SWG
S : 2000+2000 Turns 44SWG
Each coil split in 2 sections
Primary Handle 7.6mA DC

ข้อมูลการพัน Interstage สำหรับ The Three Tower



ผ่านช่องหูฟังครับ พวกดีทูน ดิทูเอ อะไรนั่นเป็น Project ต่อไปครับ โลกนี้เสตจหรือปรีก็ยังไม่มี ลำโพงก็ยังไม่ได้เริ่ม ต้องเอาลำโพงคอมพิวเตอร์มา ต่อให้มันร้องเพลงพอให้ชื่นใจอยู่ๆ ไปก่อนนะครับ
แต่เท่าที่ได้เท่านี้ ผมฟังแล้วก็ชื่นใจครับ มี แววดูอย่างเห็นได้ชัด เสียงราบรื่นพลั่วน่าฟังมากที่

เดียว แถมรายละเอียดของเสียงก็ยอดเยี่ยมเสียงที่ไม่เคยได้ฟังจากแผ่นที่คุ้นเคย ก็มีให้ได้ยินมากมายครับผม นี่ถ้าทำครบคงได้เสียงที่น่าชื่นใจขึ้นไปอีกครับ

Sakorn S.

designoptic@yahoo.com

แท่นวาง CD DIY

Author: Pannawat W.

นี่เป็นข้อมูลสั้นๆ ให้เพื่อนๆ ทำกันเล่นครับ ค่าใช้จ่ายประมาณ 200 บาท ก่อนอื่นหาเศษไม้ที่มีความหนาประมาณ $\frac{3}{4}$ นิ้วขนาดใหญ่กว่าเครื่องเล่นซีดีเล็กน้อย ของผมใช้แผ่นไม้ที่เหลือจากไม้ทำกล่องแอมป์หลอดครับ และ อุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. น็อตปลายแหลมสำหรับทำสไปค (ตามรูป) พอดีผมถอดออกมาจากก็เลยได้รูปที่ไม่ได้เต็มสัดส่วน ราคาประมาณตัวละ 60 บาท 3 ตัว



2. ขั้วตวงน้ำส้ม (ตามรูป) ผมหาซื้อได้จากเดอะมอลล์ ราคาอันละ 6.25 บาท 3 อัน



3. ลูกปืนขนาด 1.5 ซม. ผมซื้อจากคลองถม ลูกละ 2 บาท
4. ปืนกาวร้อน

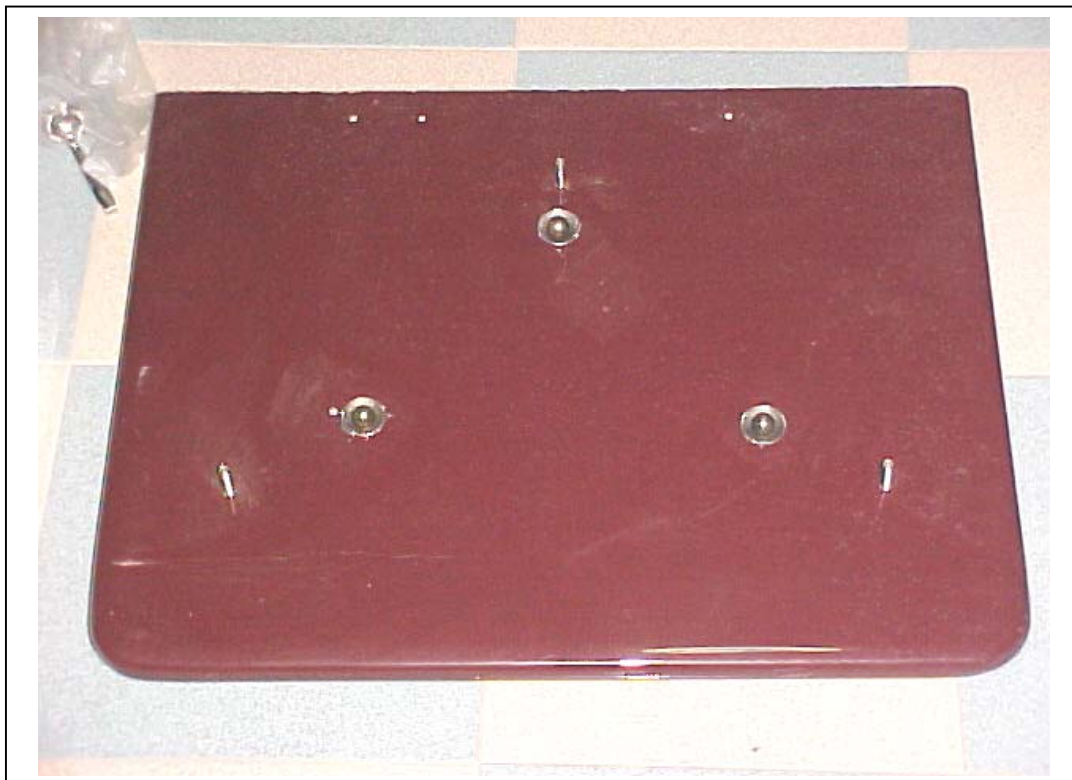
5. ส่วนเจาะรู



เริ่มจากวัดขนาดของเครื่องเล่นซีดีให้เรียบร้อย เจาะรูด้านข้าง 2 รู ด้านหลัง 1 รู เพื่อให้สอดน็อตปลายแหลมทั้ง 3 ตัว โดยปลายน็อตที่โผล่ขึ้นมาจะเป็นตัวล็อกเครื่องเล่นซีดีของเราไม่ให้ตกจากลูกปืน และเป็นตัวปรับระดับเวลาพื้นไม่ระนาบด้วย



ขั้นต่อมาหัดด้ามข้อให้เรียบร้อยนำปืนกาวป้ายกาวแล้วกดข้อ ให้ลงไปตรงๆ ที่จุดทั้ง 3



จุด ด้านหน้า 2 ด้านหลัง 1 จุด หยอดลูกปืนลงไป
เราก็จะได้แท่นวางซีดีคุณภาพมาไว้ใช้แล้วครับ



Basic Vacuum Tube Electronics Part 2

POWER STAGE

ผู้เขียน : มนต์สรรค์ ไสธรวิทย์

เมื่อตอน YB2002 เราพูดถึงเรื่อง การออกแบบ Pre-amp อย่างง่าย ๆ ไปแล้ว หลายคน คงได้เอาไปคำนวณและสร้างดูบ้างแล้ว หลายคน ก็บอกว่าน่าจะต่อยอดบทความนี้ไปเรื่อยๆ นะ ก็ดีเหมือนกัน คราวนี้ผมจะเขียนเรื่องการออกแบบภาค Power Amp ให้อ่านกันครับ ก็แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ Single-Ended (SE) และ Push-Pull (PP) ครับ

1. SE Power Stage

จะว่าไปแล้ว วงจรภาค Power และ Voltage Amplifier ที่อธิบายไปในปีที่แล้ว ก็แทบจะ ไม่ต่างกันเลยนะครับ จุดต่างหลักๆ ก็มีเพียงแค่ Load ที่มีลักษณะต่างกันเท่านั้นเอง ปีที่แล้วเราพูดถึงเรื่อง Resistive Load เท่านั้น แต่วงจร Power Amp เราจะใช้ Inductive Load หรือใช้ตัวเหนี่ยวนำเป็น Load กันครับ

ปกติใน Datasheet ของหลอด Power ต่างๆ จะมีแนะนำจุดทำงานและค่าต่างๆ มาให้แล้ว ยกตัวอย่างหลอดเบอร์ 211

จะเห็นว่าถ้าเราใช้หลอดนี้กับแรงดันต่างค่ากัน ก็จะมีสภาวะการทำงานและการ Bias หลอดแตกต่างกันไป และได้กำลัง Output เพิ่มขึ้นตามแรงดันที่สูงขึ้นด้วย จุดทำงานเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย เราเพียงแค่นำค่า R ต่างๆ ให้ถูกต้องและหาวงจร Driver ที่เหมาะสมมาขับมันเท่านั้นเอง ซึ่งโดยทั่วๆ ไปก็มีหลักอยู่ว่าให้ดูว่าภาค Input+Driver มีอัตราขยายรวมกันแล้วมากพอที่จะ Drive หลอด 211 ให้ทำงานเต็มกำลังได้นะครับ แต่อันที่จริงแล้วก็ไม่จำเป็นว่าต้องเป็นไปตามหลักการทุกครั้ง เพราะมันขึ้นกับว่าเราจะใช้กำลังขับจากมันเท่าไรด้วย ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็น

Pin 1 – Grid
Pin 2 – Filament

Pin 3 – Plate
Pin 4 – Filament

AF POWER AMPLIFIER & MODULATOR—Class A₁

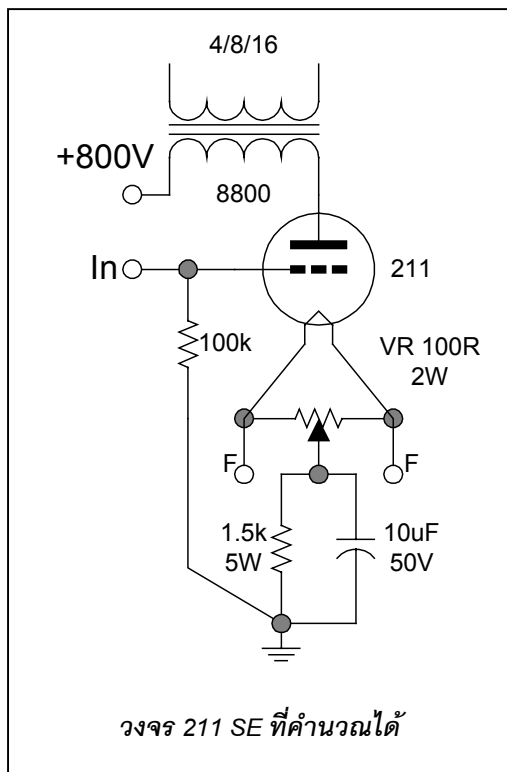
Maximum CCS® Ratings, Absolute Values:

DC PLATE VOLTAGE	1250 max.	volts
PLATE DISSIPATION	75 max.	watts

Typical Operation and Characteristics:

DC Plate Voltage	750	1000	1250	volts
DC Grid Voltage*	-46	-61	-80	volts
Peak AF Grid Voltage	41	56	75	volts
DC Plate Current	34	53	60	ma
Plate Resistance	4400	3800	3600	ohms
Transconductance	2750	3150	3300	μmhos
Load Resistance	8800	7600	9200	ohms
2nd Harmonic Distortion	5	5	5	%
Power Output	5.6	12	19.7	watts

ค่าสูงสุดที่มันทำได้เสมอไป หลอดที่มีกำลังสูงสุดถึง 19.7W อย่าง 211 ผมอาจจะใช้มันแค่ 2W ก็เป็นได้ ผมจะลองยกตัวอย่างการคำนวณให้ดูซักค่าหนึ่งนะครับ เอาที่ 750V Plate ละกัน



ลองเทียบกับวงจร Pre-amp ที่เรียนไปเมื่อปีที่แล้วดู จะเห็นว่าแทบไม่ต่างกันเลย ยกเว้นแต่ว่า R Plate กลายเป็น Output Transformer เท่านั้นเอง วิธีคิดก็คือ

- วงจรต้องการ Load Impedance 8800 Ohm เราใช้หม้อแปลง 8800 / 4-8-16 หรือที่ใกล้เคียง +/- 15% ก็ไม่มีปัญหา
- วงจรต้องการ Bias -46V และมีกระแส Plate 34mA คำนวณค่า R ก็จะได้ $46/34 = 1.35k$ แต่ค่านี้ไม่มีในตลาด ถ้าจะเอา 2.7k 2 ตัวมาขนานกันก็ได้ หรือจะปัดเป็น 1.5k ตามตัวอย่างเลยก็ได้ อย่าลืม!! ทุกครั้งที่คำนวณค่า R ต้องคำนวณค่าทันท่วงทีหรือ Power Dissipation ด้วยเสมอ $W = V^2/R = 46 \times 46 / 1500 = 1.41W$ ผมก็เลือกใช้ 5W ไปเลยเพื่อความปลอดภัยหายห่วงว่าพังๆ อยู่ จะไม่มีควันลอยขึ้นมาจากเครื่อง
- วงจรต้องการ Plate Voltage 750V เมื่อ Cathode เป็น 0 แต่ตอนนี้ Cathode เราเป็น 46V ซะแล้ว ก็ต้องเพิ่ม Supply Voltage เป็น $750 + 46 = 796V$ ก็ปัดเป็น 800V ซะเลยเพื่อความง่าย
- เอ๊ะ!! มี C เพิ่มมาตัวหนึ่งขนานอยู่กับ R Cathode ด้วย ปื้ที่แล้วไม่เห็นมีเลย เรียกว่า Cathode Bypass Cap ครับ ทำหน้าที่รักษาแรงดัน Bias ให้คงที่ ไม่เปลี่ยนค่าไปตามกระแส Plate ซึ่ง Swing ตามสัญญาณ Input อีกทีหนึ่ง อันที่จริงจะไม่ใส่ก็ได้นะครับ ก็จะได้อัตราขยายของหลอดน้อยลงไปพอสมควรทีเดียว เพราะฉะนั้นเราจึงมักเห็น Cathode Bypass Cap แปะอยู่กับ Cathode Resistor เสมอ เพื่อ Bypass สัญญาณต่างๆ ไม่ให้ผ่านไประหว่าง Cathode Resistor ไร้ครับ วิธีคำนวณค่า C ตัวนี้ก็เหมือนวงจร Filter ธรรมดาทั่วไปครับ $C = 1 / (2\pi \times f \times R)$ สมมุติว่าผมต้องการให้วงจรตอบสนองได้ถึง 10Hz (-3dB) ก็จะได้ค่า C ประมาณ 10uF และ C นี้ต้องทนแรงดันได้อย่างน้อยเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อม Cathode Resistor หรือแรงดัน Bias นั่นเองครับ
- Peak AF Grid Voltage = 41V หมายความว่า สัญญาณสูงสุดที่หลอด 211 จะรับได้คือ 41V ทั้งด้านบวกและลบหรือ 82V นั่นเอง

แค่นี้ก็ได้วงจร Output หลอด 211 มารอใช้งานแล้ว ที่เราต้องการต่อจากนี้คือวงจร Input และ Driver ที่สามารถขยายสัญญาณ Input ที่เข้ามา (แรงเท่าไรก็ตาม) ให้ได้แรงดัน 82V เป็นอย่าง

น้อย ก็จะสามารถขับหลอด 211 ให้ได้ Output สูงสุดที่ 5.6W แล้วครับ

แล้วถ้าเราต้องการออกแบบที่จุดทำงานอื่นๆ ที่ไม่ตรงกับที่ Datasheet แนะนำมาละ ต้องทำอะไร ก็ต้องกลับไปที่ใช้ Plate Curve แล้วละครับ วิธีการแทบจะเหมือนกับ Resistive Load จาก Part 1 เลยครับ แต่สำหรับ Inductive Load จุดเริ่มต้นของการเขียนเส้น Load Line จะเป็นจุดทำงานสงบของหลอดเลยครับ เนื่องจากว่าในสถานะสงบของวงจรนั้น เปรียบเสมือนว่าไม่มีแรงดันตกคร่อม OPT เลย (อันที่จริงมีนิดหน่อย 5-10V ครับ)

ผมลองลากเป็นตัวอย่าง 2 เส้นคือ

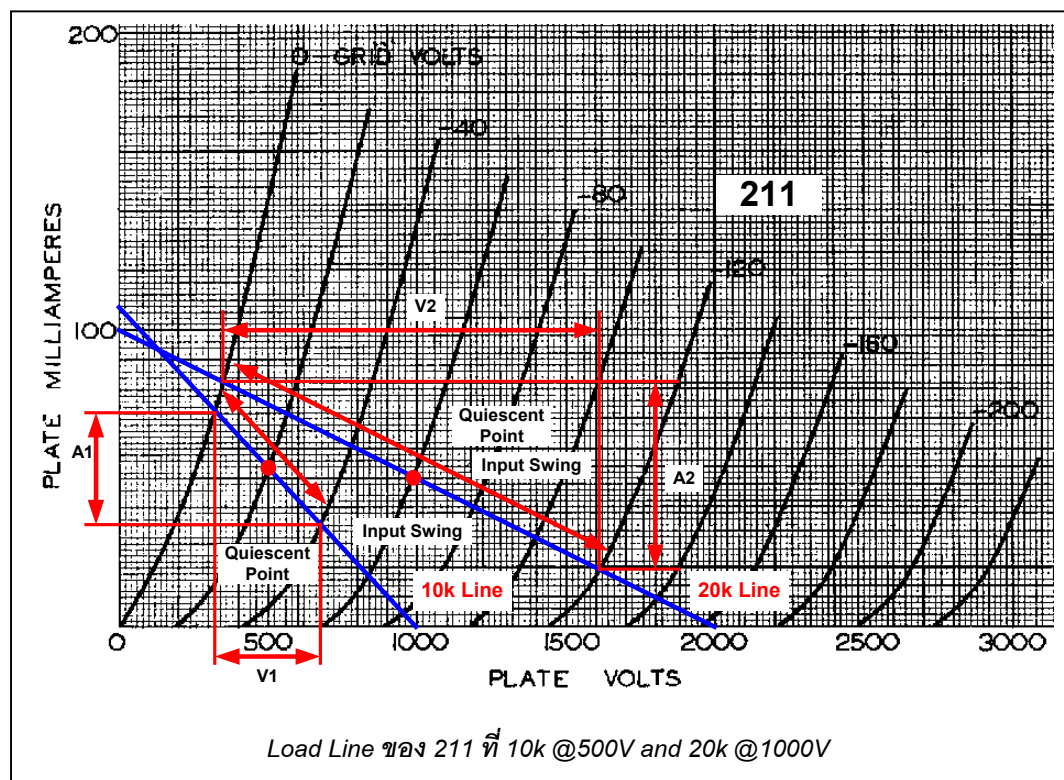
1. 10k ที่แรงดัน Plate 500V
2. 20k ที่แรงดัน Plate 1000V

พอให้เห็นเป็นแนวทางนะครับ แรงดัน Maximum Input Swing ผมจำกัดไว้แค่ที่ Grid = 0 เพื่อไม่ให้ Grid นำกระแส จะเห็นว่าที่จุดทำงาน 10K @500V สัญญาณ Input Swing ได้แค่ 40V เท่านั้น ส่วนอีกจุดทำงานหนึ่งที่ 20k @1000V สัญญาณ Input Swing ได้ถึง 120V

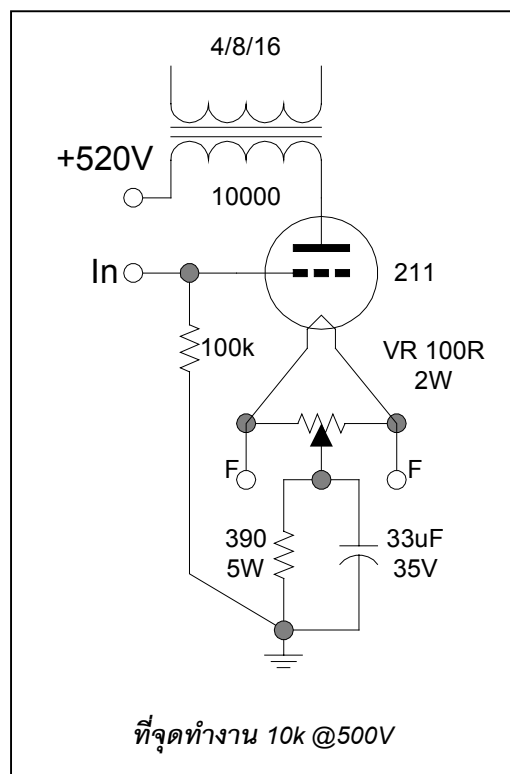
การออกแบบภาค Power SE นั้นแน่นอนว่าต้องเป็น Class A เท่านั้น แต่สำหรับวงจรหลอดแล้ว Class A ยังแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ Class A1 และ Class A2

Class A1 ถูกนิยามว่าเป็นการทำงานแบบ Class A ที่ไม่มีกระแส Grid ไหล หรือจะบอกว่าหลอดมี Input Impedance เป็นอนันต์ก็ได้ มองที่ค่าแรงดัน Grid แล้ว ก็คือ Grid จะต้องเป็นศักย์ลบเมื่อเทียบกับ Cathode เท่านั้น Plate Curve ที่ผมยกมาให้ดู จึงใช้สำหรับออกแบบ Class A1 เท่านั้น รวมทั้งข้อมูลจุดทำงานข้างต้น จะเห็นว่ระบุว่าเป็น Class A1

Class A2 ถูกนิยามว่าเป็นการทำงานแบบ Class A ที่มีกระแสไหลผ่าน Grid อาจจะมีกระแสไหลผ่าน Grid ตลอดทั้งรูปคลื่นสัญญาณ หรือเพียงบางช่วงของรูปคลื่นสัญญาณก็นับเป็น Class A2 ทั้งหมด โดยปกติหลอด Transmitting Tube จะถูกออกแบบมาให้ทำงานแบบ Class A2 ได้ด้วย เพราะฉะนั้นจะมีโครงสร้าง Grid ที่แข็งแรงเพื่อให้รองรับกระแสจำนวนหนึ่งได้ ในขณะที่หลอด



Receiving Tube ทั่วไป จะไม่ได้ออกแบบเพื่อไว้หลอด 211 ที่ผมยกตัวอย่างมานี้ก็ทำงานแบบ Class A2 ได้ แต่ต้องเขียนบน Plate Curve สำหรับ Class A2 แทน วิธีการเขียนไม่ต่างกับของ Class A1 ที่ผมยกตัวอย่างให้ดู สิ่งที่แตกต่างกันคือ เมื่อ Grid เริ่มมีศักย์เป็นบวก เมื่อเทียบกับ Cathode เมื่อนั้นจะเริ่มมีกระแส Grid ไหลผ่าน และทำให้ Input Impedance ของหลอดลดลงมาก จากเดิมที่เป็นอนันต์เหลือเพียงไม่กี่ k-Ohm เท่านั้น ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องนำไปคำนวณรวมตอนออกแบบ Driver ด้วย ผมขอละรายละเอียดในส่วนนี้ไว้ก่อนนะครับ เพราะเริ่มยากเกินไปแล้ว เอาแค่ Class A1 ก็มีหลอดให้เล่นไม่รู้จบแล้วครับ



การคำนวณกำลังวัตต์สูงสุดของวงจร เราจะได้จาก Plate Curve นี้แหละครับ กำลังวัตต์ที่เกิดขึ้นบน Primary ของ OPT ก็คือกำลังที่เกิดที่ลำโพงนั่นเองครับ ผมยกตัวอย่างที่เส้น 10k @500V นะครับ Max Voltage Swing on Load ก็คือ V_1 ส่วน Max Current Swing on Load ก็คือ A_1 กำลังก็คือ

ผลคูณของค่า RMS ของ V_1 กับ $A_1/2$ ใจครับ การแปลงจากค่า Peak เป็นค่า RMS ก็เอาค่า Peak หารด้วย $\sqrt{2}$ ครับ

$$P_o = (V_1 / 1.414) \times (A_1 / 1.414 \times 2)$$

บางคนที่มี RCA Manual RC-29 / 30 อยู่ในนั้นจะมีสูตรคำนวณที่แตกต่างจากนี้ ก็อาจจะงงๆ ซึ่งมันก็สูตรเดียวกันแหละครับ ผมเขียนให้เห็นที่ไปทีมานะครับ อันที่จริงแล้ว ถ้าคุณลองคำนวณตาม Load Line ที่ผมลากไว้ จะเห็นว่าได้กำลังสูงจนต้องสงสัยว่า ทำถูกหรือเปล่าเนี่ย อย่างเช่นที่ 20k @1000V นี้ได้ประมาณ 18W Class A1 มันเกินจากที่ระบุใน Datasheet ไปมากทีเดียว ที่คำนวณได้เยอะขนาดนั้น เป็นเพราะสมมุติฐานที่ว่า Grid จะ Swing ได้จนเป็น 0V เลย ซึ่งถ้า Grid Swing ไปมากขนาดนั้น เราจะได้กำลังวัตต์ตามที่คำนวณครับ แต่แถมด้วยความเพี้ยนมหาศาลด้วย Total THD อาจจะถึง 10% ก็เป็นไปได้ ซึ่งถึงจะมีกำลังก็จริงแต่ใช้การไม่ได้เพราะความเพี้ยนสูง เพราะฉะนั้นโดยทั่วๆ ไปผู้ออกแบบจะคำนึงถึงเรื่องความเพี้ยนด้วย และกำหนด Limit ไว้ที่ไม่เกิน 5% อย่างที่เห็นใน Datasheet ข้างต้น แล้วค่อยคำนวณว่ากำลังวัตต์สูงสุดที่จุดนั้นเป็นเท่าไร ก่อนที่จะแนะนำใน Datasheet เป็นการ Compromise กันระหว่างกำลังกับความเพี้ยนครับ ไม่ได้อยู่บนพื้นฐาน Maximum Grid Swing อย่างที่เราคำนวณกัน จะเห็นว่า Datasheet บางหลอดอย่างเช่น 211 นี้จะบอกค่า Peak AF Grid Voltage มาด้วย ซึ่งจะน้อยกว่าค่า DC Grid Voltage อยู่เสมอ เพราะฉะนั้นไม่ต้องตกใจถ้าคำนวณแล้วกำลังวัตต์มันไม่ตรงกับใน Datasheet ครับ ถ้าคุณห้กลับค่าแรงดันพวกนี้ออกก็จะได้ตรงกับ Datasheet เองครับ

ที่ยกเอารื่องกำลังวัตต์มาคุยซะยาวนี้ ก็เพื่อจะโยงต่อไปถึงเรื่องการเลือกหลอดหรือวงจร โดยดูจากกำลังวัตต์สูงสุดเป็นสำคัญ มาถึงตรงนี้คุณก็จะเห็นแล้วว่า แอมป์ไม่ได้ใช้กำลังขับสูงสุด

ของมันตลอดเวลา กำลังวัตต์มันเปลี่ยนไปตาม สัญญาณ Input ที่ Driver ป้อนมา หรือจะบอกว่า แล้วแต่เราหมุน Volume ไปเท่าไรก็ได้ อย่างกรณี เส้น 10k @500V ที่ผมสมมุติว่า Input Swing ได้ถึง 40V ถ้าสมมุติว่า ด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม Driver ของผมป้อน Input Swing ได้แค่ 10V ละครับ ลองคำนวณกันดูนะครับว่า หลกดเดียวกัน และวงจรเดียวกัน เหลือกำลังขับอยู่เท่าไร? ถ้า กำลังที่เหลืออยู่พอใช้แล้ว ขอแสดงความยินดีด้วย ที่คุณไม่ต้องไปออกแบบ Driver ที่ต้อง Swing ถึง 40V แล้ว เพราะแค่ Swing 10V ก็เพียงพอที่หลอด 211 จะให้กำลังขับที่คุณต้องการแล้ว ยังจำเรื่องยิ่ง Swing มากก็ยิ่งเพี้ยนมากที่อ่านมาตะกี้ได้ไม่ครับ แน่หนอนว่าเกิดขึ้นที่ Driver ด้วยเช่นกัน และตอนนี้ Driver ที่เคย Swing 40V ลดลงมาเหลือ Swing แค่ 10V ความเพี้ยนจาก Driver ก็ลดลงอีกเป็นของ แถม ผมจึงเห็นว่าการเลือกโดยดูจากตัวเลขกำลัง วัตต์อย่างเดียว ไม่ใช่วิธีที่ถูกต้อง

ส่วนกรณีถ้าใช้หลอด Pentode ก็สามารถ ดูจากค่าที่แนะนำมาใน Datasheet หรือจะ Plot Load Line บน Plate Curve ก็ได้เช่นกันครับ หลอด Pentode จะมีอัตราขยายสูงกว่า Triode มาก เพราะฉะนั้น Input Swing เพียงเล็กน้อย ก็ทำให้เกิด V Plate Swing ได้หลาย 10V แล้วครับ

2. PP Power Stage

วงจร Push-Pull ก็เปรียบเสมือนวงจร SE 2 วงจรที่ ณ เวลาเดียวกัน ทำการขยายสัญญาณที่ Phase ตรงกันข้าม 180 องศา แล้วเอาสัญญาณมารวมกันนั่นเองครับ ขอสรุปทางแบบนี้ก่อน เพื่อจะได้ เข้าใจง่าย ๆ เวลาผมพูดถึงการเขียน Load Line สำหรับวงจร PP ครับ แต่ก่อนหน้านั้นมาดูวิธีที่ง่าย กว่าก่อนดีกว่า

ปกติใน Datasheet ของหลอดเบอร์ยออด นิยมเช่น EL34/6CA7, EL84/6BQ5, 6L6GC, 6550 หรือ KT88 จะมีบอกจุดทำงานของวงจร PP มาให้อยู่แล้ว 1-2 จุด ถ้าดูจากคู่มือของ RCA ส่วน ใหญ่จะเป็นจุดที่ Optimize มาแล้ว ระหว่างกำลัง, ประสิทธิภาพและความเพี้ยน ก็สามารถนำไปใช้ งานได้เลย ลองยกตัวอย่างของหลอด EL84/6BQ5 ละกันนะครับ

ผมขอยกตัวอย่างจุดทำงานที่ Anode Voltage (Plate Voltage) 250V ได้กำลัง Output 11W นะครับ จากค่าจุดทำงานที่กำหนดมา ก็ สามารถนำมาคำนวณค่า R จุดต่างๆ ได้ตามรูป พอติ Datasheet ชุดนี้คำนวณ R Cathode มาให้ เสรีจเลยที่ 130R เป็น R ที่ใช้ร่วมกันของ 2 Cathodes ครับ แล้วกับบอกเลยว่า Input Swing ที่ 8.0 Vrms จะได้กำลัง 11W และมีความเพี้ยน

Class AB, two tubes in push-pull						
Anode voltage	V_a	250		300		V
Grid No.2 voltage	V_{g2}	250		300		V
Common cathode resistor	R_k	130		130		Ω
Load resistance	$R_{aa\sim}$	8		8		k Ω
Grid No.1 driving voltage	V_i	0	8	0	10	V _{RMS}
Anode current	I_a	2x31	2x37.5	2x36	2x46	mA
Grid No.2 current	I_{g2}	2x3.5	2x7.5	2x4	2x11	mA
Output power	W_o	0	11	0	17	W
Distortion	dt_{tot}	-	3	-	4	%

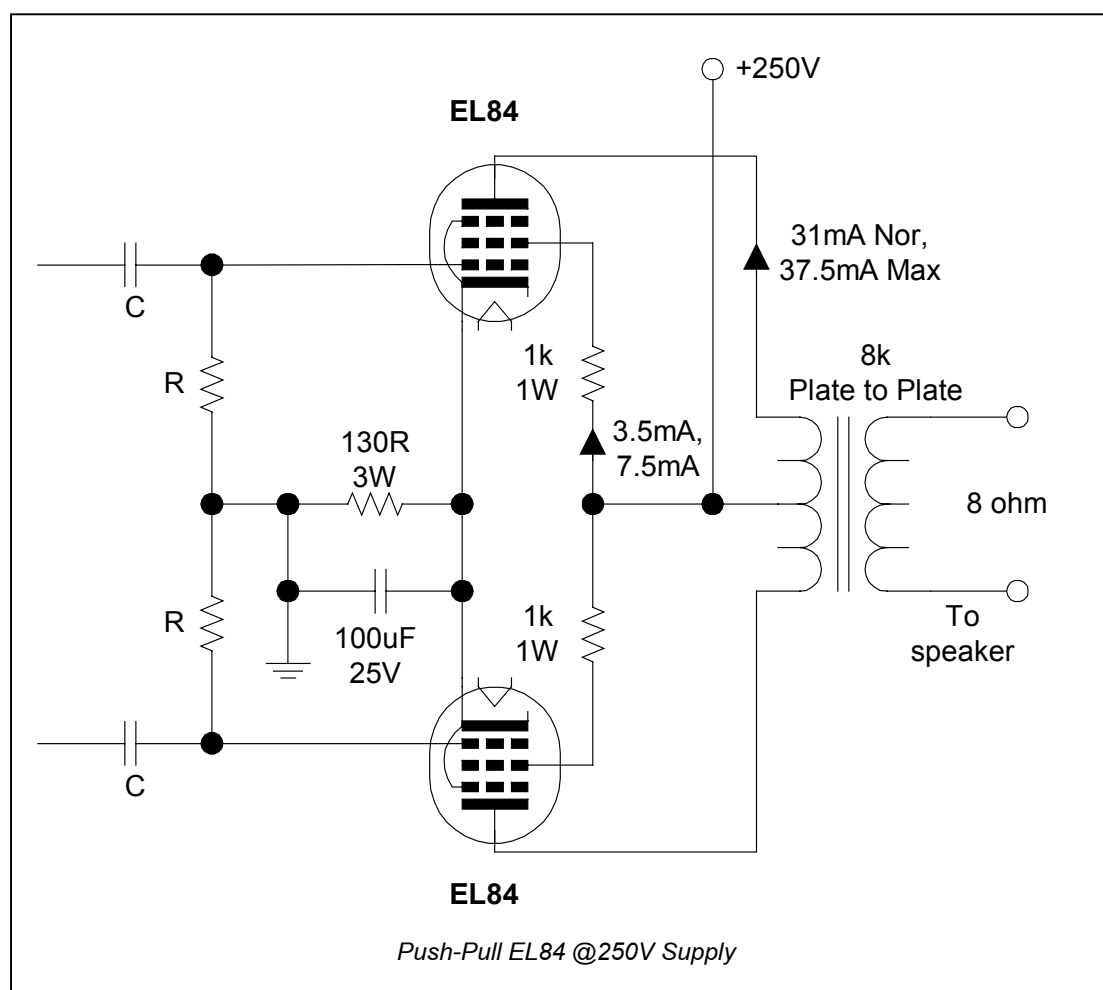
จุดทำงานวงจร Push-Pull ใน Datasheet ของหลอด EL84 / 6BQ5

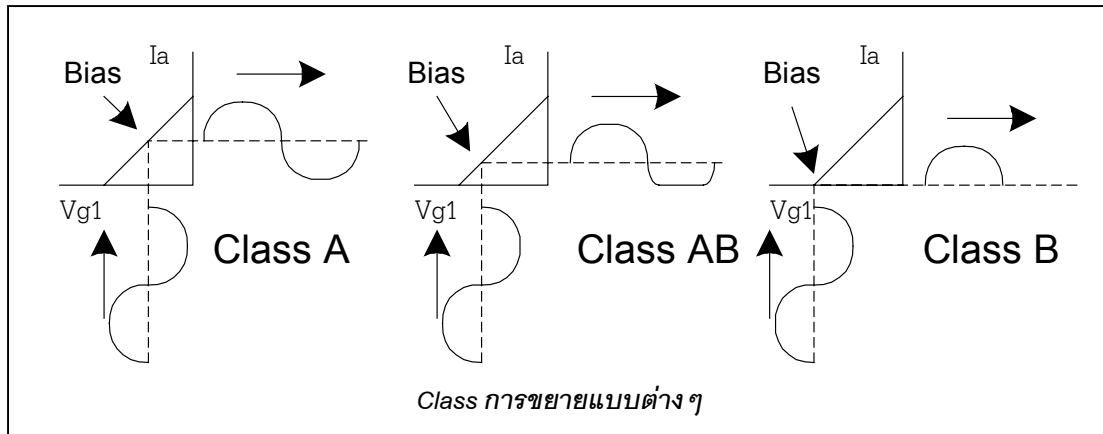
ประมาณ 3% แน่จนครบว่าถ้าเราเพิ่ม Input Swing เข้าไป ก็จะได้ Output มากขึ้นพร้อมความเพี้ยนด้วยอย่างที่เล่ามาแล้ว จะเห็นว่า Datasheet ของหลอดแต่ละเบอร์ มีวิธีการบอกจุดทำงานต่างกันไปแต่ทั้งหมดอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน เช่น ถ้าอยากทราบว่า Bias เป็นเท่าไร ก็ลองคำนวณย้อนดูนะครับ หรือถ้าบอก Bias มาเราก็คำนวณหา Cathode Resistor ได้ ส่วน Output Transformer ก็ใช้ 8k Plate-to-Plate ค่า Cathode Bypass Cap ก็คำนวณตามวิธีข้างต้นครับ ประเด็นเล็กๆ ก็คือการใช้ Cathode Resistor 1 ตัวต่อหลอด หรือ 1 ตัวต่อ 2 หลอด ถ้าเป็น 1 ตัวต่อ 2 หลอดก็ต้องคิดจากกระแสที่ไหลผ่านหลอดทั้ง 2 มารวมกันตามตัวอย่างใน Datasheet ถ้าแยก R เป็น 2 ตัว Cathode ของใครของมัน ก็เป็น 260R ครับ แนวคิดในการเลือกมีอยู่ครับ คือการใช้ 1 ตัวทำให้แน่ใจได้ว่า

หลอดทั้ง 2 จะได้รับแรงดัน Bias เท่ากันแน่นอน เมื่อสัญญาณเข้ามาที่ Grid ของหลอดทั้ง 2 มันจะทำงานด้วย Input เท่ากันเป๊ะ ข้อเสียคือถ้าหลอดทั้ง 2 ไม่ Identical กัน แรงดัน Bias ที่เท่ากัน อาจจะทำให้กระแสไหลในหลอดทั้ง 2 ต่างกันถึง 20% ได้ครับ บางครั้งเราจะแยก Cathode Resistor ออกเป็น 2 ตัวเพื่อให้สามารถปรับค่า Bias ของแต่ละหลอดได้อิสระจากกัน

R 1k ที่ใส่ไว้ที่ Grid2 ก็เพื่อจำกัดกระแสไม่ให้วิ่งผ่านเข้า Grid2 มากเกินไป ในขณะที่แรงดันตกคร่อม R ไม่มากไปกว่าที่ตกคร่อม Primary ของ OPT จึงไม่กระทบกับจุดทำงานที่เราออกแบบไว้ อันที่จริงจะใช้ R ค่าอื่นก็ได้เนะครับ แต่พื้นฐานคือต้องไม่ให้กระทบกับแรงดันที่ Grid2 มากจนทำให้จุดทำงานผิดไปจากที่ออกแบบไว้

แต่ถ้าเป็นหลอดที่ไม่มีจุดทำงานแนะนำ



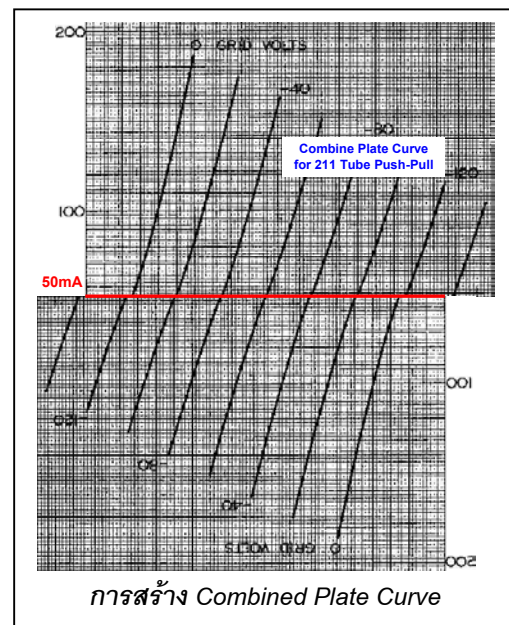


มาใน Datasheet ก็ต้องใช้การ Plot Load Line กัน ละครับ แต่ก่อนอื่น เราต้องทำความเข้าใจเรื่อง Class ของวงจรก่อน เพราะจะเกี่ยวพันถึงการเขียน Load Line ที่ถูกต้องด้วย ปกติ Class ในวงจร Audio ก็จะมีเพียงแค่ A, B และ AB เท่านั้น น่าเสียดยที่ยังไม่ยั้งคิดกันไม่ถึง Class O ไม่งั้นก็เป็นกรู๊ป เลือดได้เลยครับ

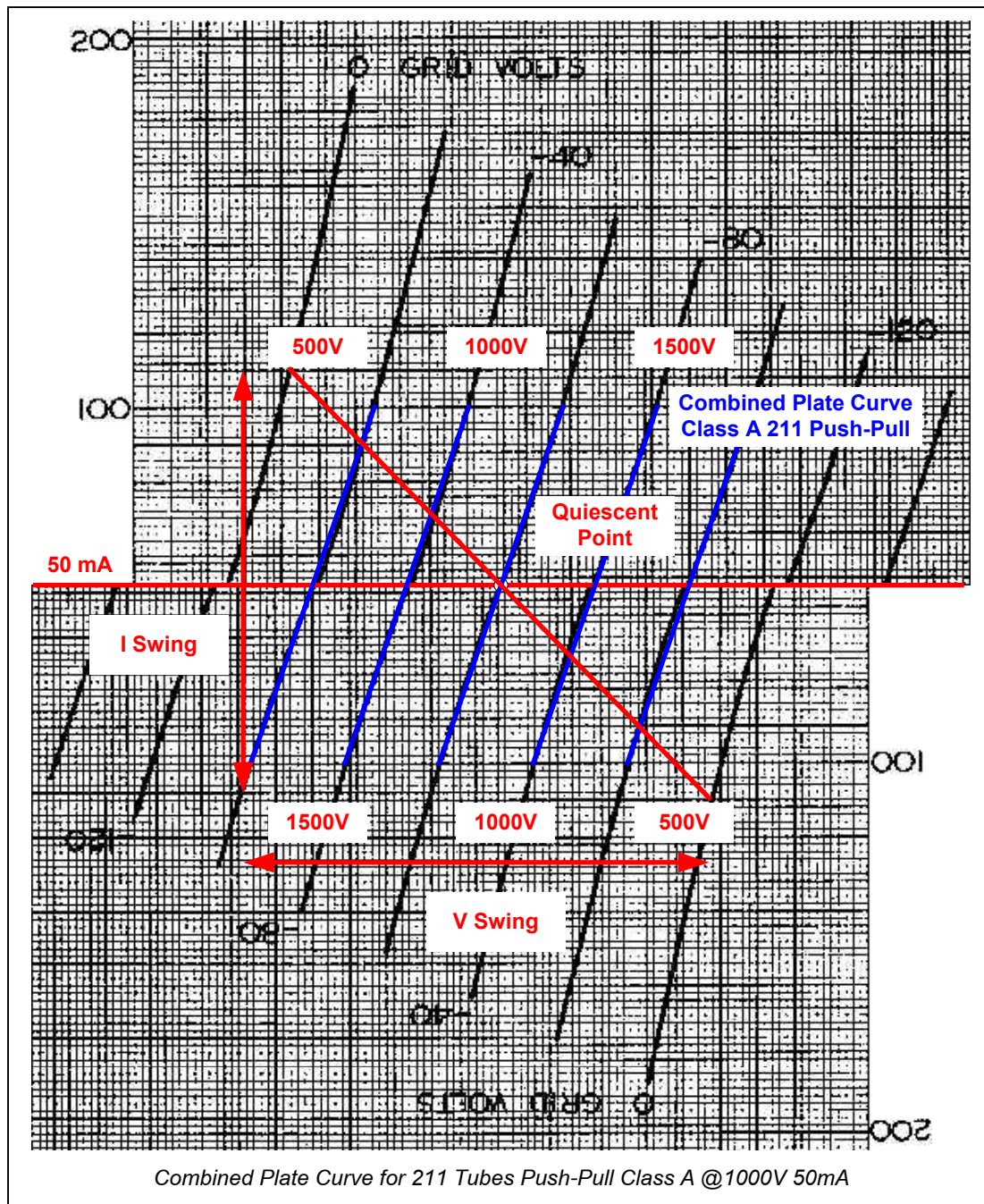
1. Class A เป็นการกำหนดจุดทำงานให้หลอดนำกระแสครบ 1 รอบรูปคลื่นสัญญาณ หรือ 100% Duty Cycle ไม่มีช่วงที่หลอดหยุดนำกระแส จุด Bias จะถูกตั้งไว้ประมาณกึ่งกลางของเส้นบนกราฟ V_{g1} - I_a จะเห็นว่าเมื่อสัญญาณเข้ามา มีผลให้ I_a Swing ได้ครบรอบลูกคลื่น
2. Class B เป็นการกำหนดจุดทำงานให้หลอดนำกระแสเพียงครึ่งรอบของรูปคลื่นสัญญาณ หรือ 50% Duty Cycle จุด Bias จะอยู่ใกล้กับเส้น $I_a = 0$ หรือเรียกว่าจุด Cut-off คือแทบจะไม่มีกระแสไหลผ่านหลอดเลย มีผลให้ I_a Swing ได้เพียงครึ่งรูปคลื่นเท่านั้น แต่ในทางเดียวกันจะเห็นว่า I_a สามารถ Swing ได้มากกว่ากรณี Class A
3. Class AB จะอยู่ระหว่าง Class A และ Class B โดยหลอดจะนำกระแสมากกว่าครึ่งรอบแต่ไม่ครบรอบรูปคลื่นสัญญาณ

หรือ Duty Cycle 51-99% จุด Bias ก็จะมีแรงดันลบมากกว่า Class A แต่ไม่ถึงขนาดทำให้ Cut-off ผลก็คือ I_a Swing ได้มากกว่า Class A แต่ไม่มากเท่า Class B

ผมจะยกตัวอย่างจากหลอด 211 เหมือนเดิมละกันครับ จะได้ดูเปรียบเทียบกับแบบ SE ได้ สิ่งแรกก็คือเราต้องเลือก Class ของวงจรก่อนครับ เพราะจะมีผลต่อการสร้าง Plate Curve ของวงจร Push-Pull โดยตรง ซึ่งผมเรียกว่า Combined Plate Curve for Push-Pull Circuit



จากรูปจะเห็นว่าเป็นการนำ Plate Curve มาตัดส่วน กลับหัวแล้วเอามาต่อกัน โดยจุดที่จะตัด



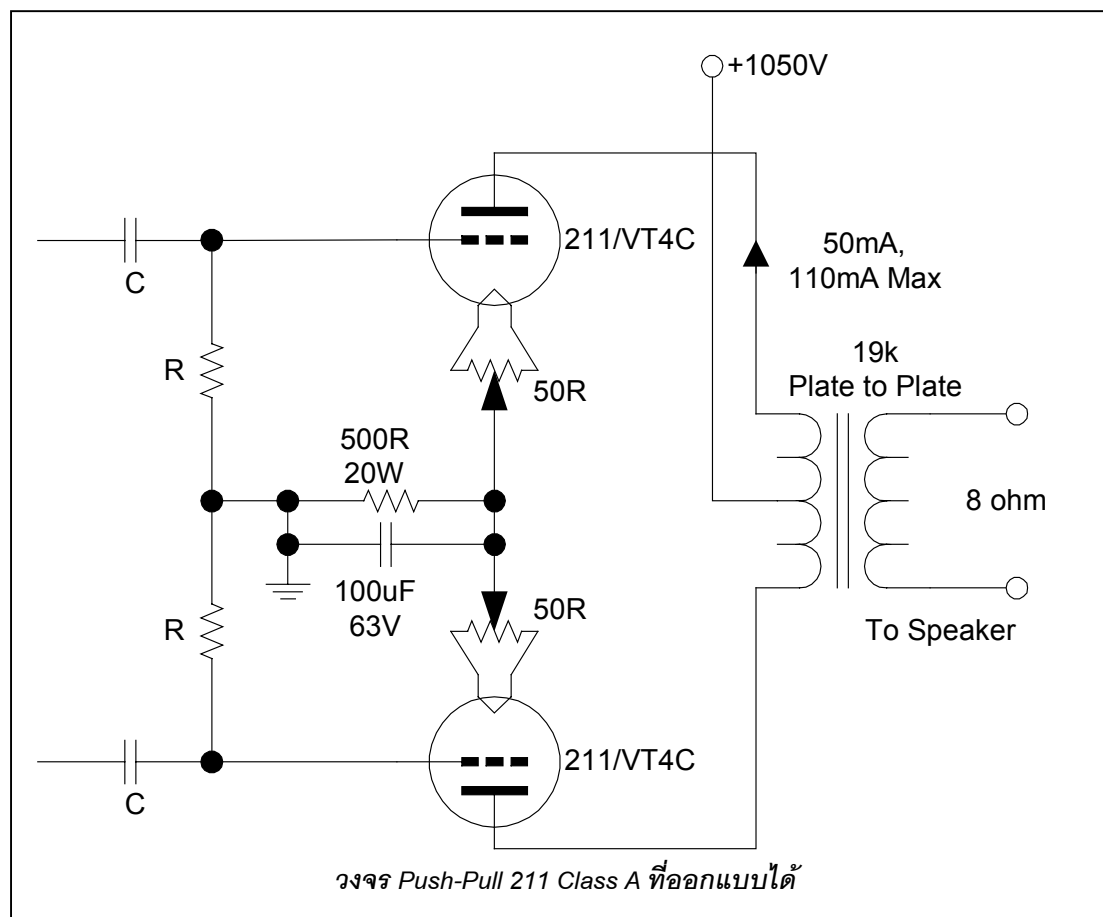
ออกก็คือเส้นแนวนอนที่ Quiescent ของจุดทำงาน ที่เลือกไว้ ถ้าเป็น Class B ก็ไม่ต้องตัดออกเลย ถ้า เป็น Class A, AB ก็ตัดออกตามกระแส Plate ที่ตั้งไว้ รูปตัวอย่างผมกำหนดจุดทำงาน ให้มีกระแสไหล 50mA และแรงดัน 1000V ผมก็เอาเฉพาะกราฟ ส่วนที่เกินจากเส้น 50mA ขึ้นมา หลังจากนั้นก็จัด เส้นแนวตั้งให้ตรงกันที่ 1000V (จุดทำงานจะทับกันพอดี) ก็เป็นอันเสร็จการเตรียม Plate Curve ครับ

จะเห็นว่า Characteristic ของหลอด 2 หลอดจะ ต่อเป็นเส้นเดียวกัน ซึ่งเราจะ Plot Load Line กัน บนนี้แหละครับ

การ Plot Load Line ก็ไม่ยากแล้ว แค่ เขียนเส้น ให้มีความชันตามค่า Load ที่ต้องการ และต้องผ่านจุดทำงานที่กำหนดไว้เสมอ เปรียบไป ก็เหมือนการปักหมุดไว้ที่จุด 1000V ตัดกับ 50mA แล้วก็หมุนเส้นไปตามค่า Load ต่างๆ ครับ ความ

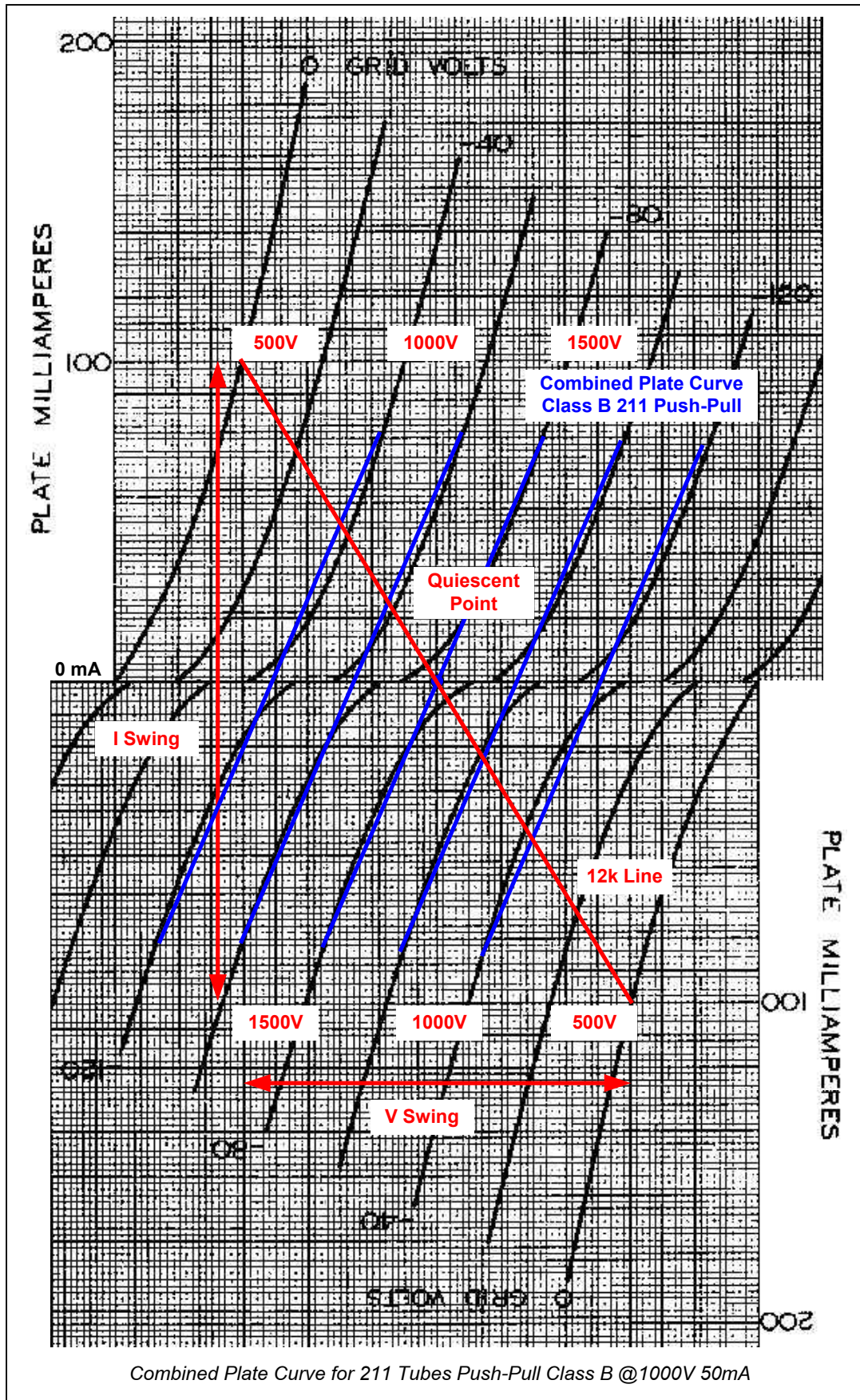
ชั้นของเส้นจะเป็นค่า Load แค่นี้เดียวครับ ถ้าเป็นค่า Plate-to-Plate ต้องคูณ 2 เข้าไป รูปตัวอย่างก็คือ Load Line ประมาณ 19k Plate-to-Plate ครับ Input Signal Swing ได้ตั้งแต่ 0V ถึง 120V Grid-to-Grid และกำลังขับสูงสุดที่ได้คือประมาณ 33W ครับ วิธีการคำนวณไม่ต่างจาก SE ที่ผมอธิบายมาแล้ว

ค่า 35% นี้ไม่ได้เป็นค่าตายตัวสำหรับทุกหลอดนะครับ มันขึ้นกับหลอดและจุดทำงานที่เลือกด้วยครับ ส่วนกำลังขับส่วนที่ได้เพิ่มมานี้ มาจากการที่กระแสเพลทสามารถ Swing บน Load ได้มากกว่ากรณี Class A นั่นเอง ส่วนกรณี Class AB ก็จะมีจุดทำงานระหว่าง Class A กับ B ก็จะได้กำลังขับอยู่ระหว่าง Class A และ B เมื่อแรงดันจ่ายไฟเท่ากัน



ส่วนกรณี Class B หรือ Class AB ก็มีวิธีการ Plot เหมือนกัน คือเริ่มจากการกำหนดจุดทำงานของวงจรก่อนแล้วต่อกราฟ 2 รูปเข้าด้วยกัน เมื่อ Plot Load Line ลงไปก็จะได้ค่าต่างๆ ตามมา อย่างกรณีตัวอย่างคือที่จุดทำงาน 1000V Class B Load Line ประมาณ 12k Plate-to-Plate Input Signal Swing ได้ 0V ถึง 120V Grid-to-Grid เหมือนกัน แต่ได้กำลังสูงสุดถึงประมาณ 45W ซึ่งได้กำลังขับมากกว่า Class A อยู่ประมาณ 35%

ข้อเสียของ Class B จะเห็นชัดเจนเลยเมื่อดูจาก Combined Plate Curve ครับ สังเกตว่าเส้น Characteristic จะต่อกันไม่สนิทเหมือนกรณี Class A ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเพี้ยนขึ้นที่รอยต่อสัญญาณระหว่างซีกบวกและลบครับ เพราะฉะนั้นในงาน Audio ถึงแม้ว่า Class B จะได้กำลังขับสูงสุดแต่ก็มักจะไม่มีการใช้กัน เพราะจะเกิดความเพี้ยนที่รอยต่อสัญญาณขึ้น โดยเฉพาะสัญญาณขนาดเล็กๆ แต่ขณะเดียวกัน Class A ก็

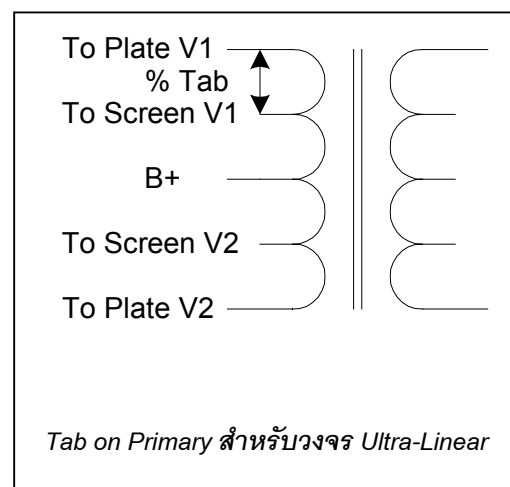


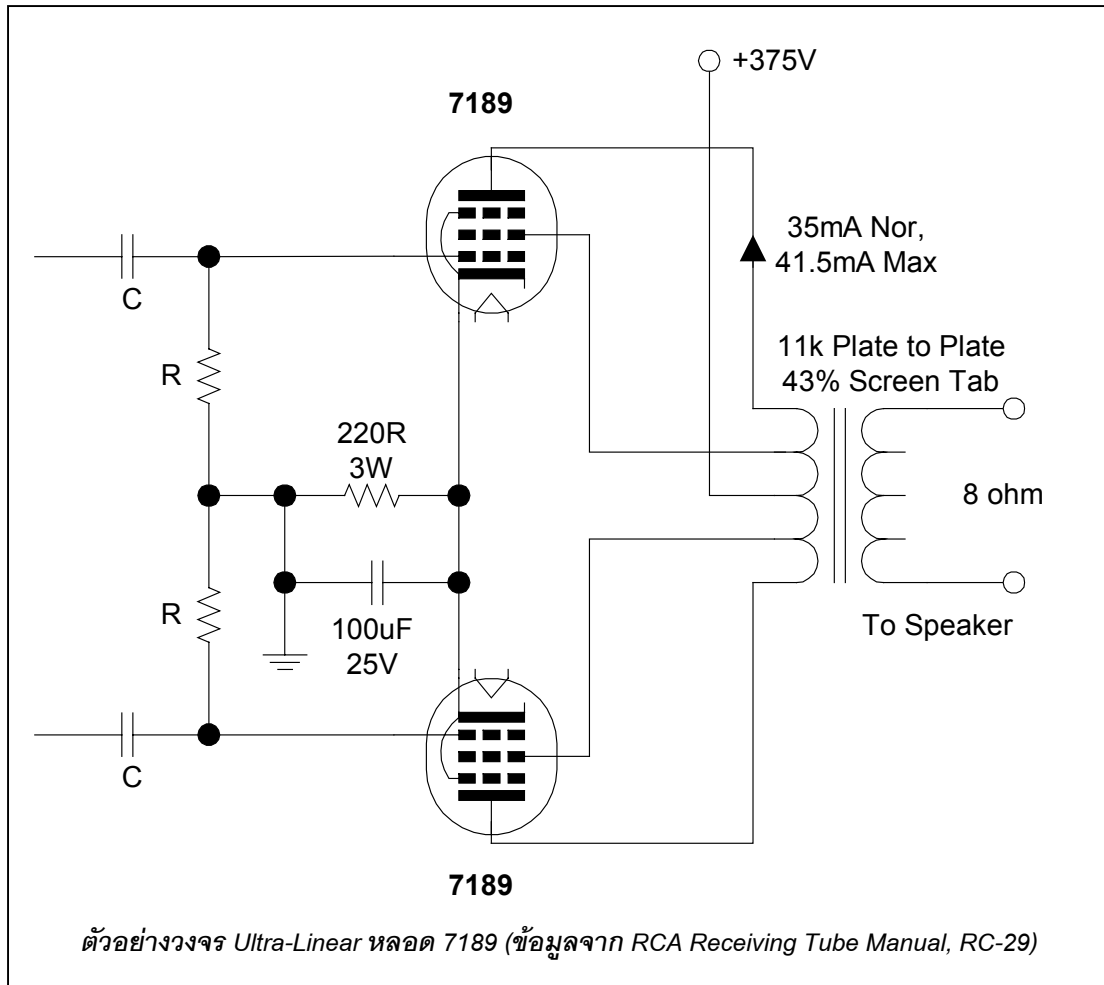
ได้กำลังขับต่ำเมื่อเทียบกับที่หลอดให้ได้ เพราะฉะนั้นวงจร Push-Pull จึงมักจะไปห่วยออกที่ Class AB เป็นส่วนใหญ่ จุดสำคัญในการออกแบบก็คือการเลือกจุดทำงานที่ทำให้ความเพี้ยนร่อยต่อลดลงจนน่าพอใจ ในขณะที่กำลังขับสูงสุดลดลงไม่มากนัก หลอดที่ Linearity สูง จะสามารถตั้งจุดทำงานของ Class AB ให้ใกล้เคียงกับ Class B ได้ ทำให้ได้กำลังสูงในขณะที่ความเพี้ยนร่อยต่อต่ำ แต่บางหลอดที่ Linearity ไม่สูงก็ต้องยอมเสียกำลังขับไปเพื่อเลี้ยงความเพี้ยนที่จุดตัดไป

ส่วนวงจร Pentode Push-Pull ก็ใช้วิธีการสร้าง Combined Plate Curve ได้เช่นเดียวกับหลอด Triode และเขียน Load Line ได้เหมือนกัน แต่จะเห็นว่าอัตราขยายของหลอด Pentode สูงกว่า Triode มาก Input Signal Swing เพียงเล็กน้อยก็ทำให้ Plate Swing กว้างกว่าวงจร Triode มาก มองไปที่วงจร Driver แล้ว ย่อมออกแบบได้ง่ายกว่าและทำให้ความเพี้ยนต่ำได้ไม่ยาก เมื่อเทียบกับ Driver ของ PP Triode แต่จะเห็นว่า Combined Plate Curve ของ Pentode มีความเป็นเชิงเส้น หรือ Linearity แย่กว่า Triode มาก ก็เลยเป็นเรื่องได้อย่างเสียอย่างไป อย่างไรก็ตาม วงจร PP ไม่ว่าจะ Pentode หรือ Triode จะมีคุณสมบัติ Cancellation คือสัญญาณแปลกปลอมในวงจรไม่ว่าจะ Noise จากภาคจ่ายไฟหรือความเพี้ยนจาก Driver จะหักล้างกันเองในหม้อแปลง Output รวมถึงความเพี้ยน Harmonic คูณในภาค Output ด้วย ทำให้ตัวเลขความเพี้ยนมักจะต่ำกว่าวงจร SE มาก อย่างเช่นวงจร Class A ที่ออกแบบมาให้ความเพี้ยนไม่ถึง 2% ที่ Max Power นะครับ แต่เรื่องเสียงนี้ ก็แล้วแต่ความปรารถนาในการออกแบบและการสร้างนะครับ PP หรือ SE ไม่ได้บอกอะไรเกี่ยวกับเสียงได้เลย

จะเห็นว่า Triode และ Pentode ในวงจร Push-Pull จะมีข้อดี-เสียในด้านที่กีดกันพอดี ถ้า

สามารถรวมข้อดีในด้านกำลังขับและความเพี้ยนได้คงจะดีไม่น้อย และนั่นก็คือวงจรแบบ Ultra-Linear นั่นเอง วงจร Ultra-Linear จะคล้ายการต่อแบบ Pentode แต่จะนำ Screen Grid มาต่อกับ Tab บน Output Transformer ดังรูป จุดประสงค์เพื่อให้ความเพี้ยนลดลงในขณะที่กำลังขับยังใกล้เคียงกับวงจรที่ต่อแบบ Pentode อยู่ จุดที่ทำ Screen Tab ของแต่ละหลอดจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของแต่ละหลอด โดยมากจะเป็นการทดลองย้าย Tab บน Primary ของ OPT ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบจุดที่ความเพี้ยนเริ่มลดลงโดยที่กำลังขับลดลงไม่มากนัก การทำงานที่แท้จริงของวงจร Ultra-Linear ก็คือการทำให้ Screen Grid Voltage Swing ตาม Plate Voltage ในอัตราส่วนหนึ่งโดยใช้ Primary เป็น Auto Transformer นั่นเอง ทำให้หลอดมีการทำงานคล้าย Triode ที่ Screen Grid Swing พร้อมๆ กับ Plate ในขณะเดียวกันก็มีแรงดัน Screen มากพอที่หลอดจะทำงานคล้าย Pentode เพื่อให้ได้อัตราขยายสูงกว่าการต่อแบบ Triode หลอดที่ใช้ในวงจร Ultra-Linear อย่างแพร่หลายจะมีค่า %Tab แสดงไว้ในคู่มือด้วยเช่นหลอด 7189 ที่ 43% of Plate Signal, หลอด 7868 ที่ 50% of Plate Signal เป็นต้น การ Tab Primary สำหรับวงจร Ultra-Linear ต้องดูรายละเอียดใน Datasheet ให้รอบคอบว่าควร Tab ที่ X% โดยนับ





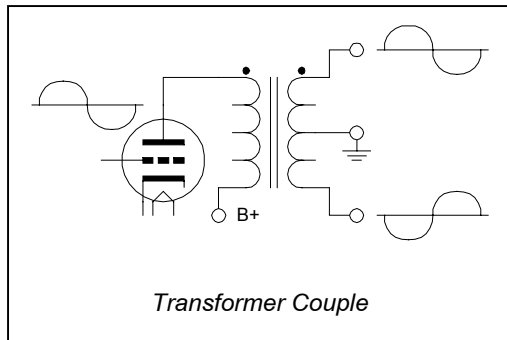
จาก B+ หรือ Plate แต่โดยมากมักจะนับว่า Plate = 0% (Triode Connection) และ B+ = 100% (Pentode Connection) อย่างไรก็ตามค่า %Tab นี้ไม่ใช่ค่าตายตัวที่ต้องเป๊ะ เป็นเพียงค่าจากการวัดที่สภาวะการทำงานหนึ่งเท่านั้น ถ้าจุดทำงานของหลอดแตกต่างกันไป %Tab ก็จะไม่เท่ากันไปด้วย ค่า %Tab นี้สามารถแปลงเป็นค่า % ของรอบ Primary เพื่อสั่งพันหม้อแปลงได้เลย และวงจร Ultra-Linear สามารถประยุกต์ใช้กับวงจร SE ได้ในลักษณะเดียวกันด้วย

พูดถึงการออกแบบวงจร PP ไปแล้ว ก็คงต้องพูดถึงวงจรแยกเฟสหรือ Phase Splitter ด้วย แต่ความรู้ทางด้านนี้ของผมมีจำกัดเพราะเล่นมาไม่มากนัก ผมจึงจะขออธิบายวงจรพื้นฐานและวิธีการออกแบบแค่ 3 รูปแบบที่เคยทำและใช้กันทั่วไป

นะครับ คือ Transformer Coupling, Split Load และ Long-Tail Pair

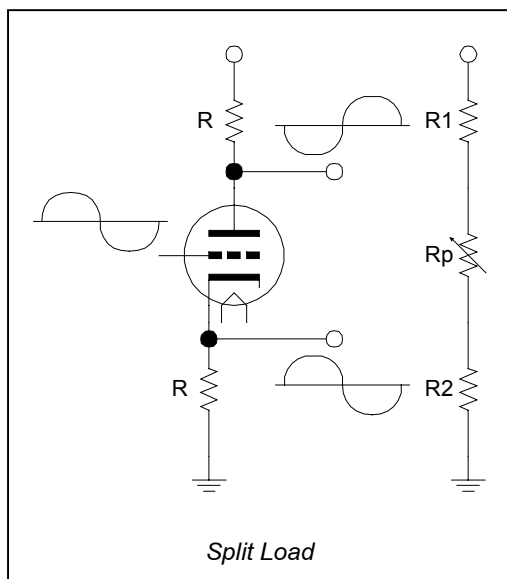
แบบที่ 1 "Transformer Couple" Phase Splitter

เป็นการใช้ Interstage Transformer ซึ่งมี Secondary ที่สมมาตรกัน 2 ขด เพื่อแยก Phase สัญญาณส่งให้คู่ PP ต่อไป ซึ่งนับเป็นวิธีการแยก Phase ให้ได้ความสมมาตรกันมากที่สุดในทุก 3 วิธีที่ผมจะเสนอ แต่ Interstage ขั้นดีมักจะมีราคาสูงหรือไม่ก็มีปัญหาด้าน Impedance Matching ระหว่าง Interstage และหลอด การออกแบบก็คล้ายกับวงจร Power Stage ที่ผมอธิบายมาข้างต้นคือเป็นวงจร SE Inductive Load ซึ่งหม้อแปลงมี Secondary ที่สมมาตรกัน 2 ขด เพื่อป้อนให้กับ Power Stage หรือ Driver Stage ที่อยู่ถัดๆ กันไป



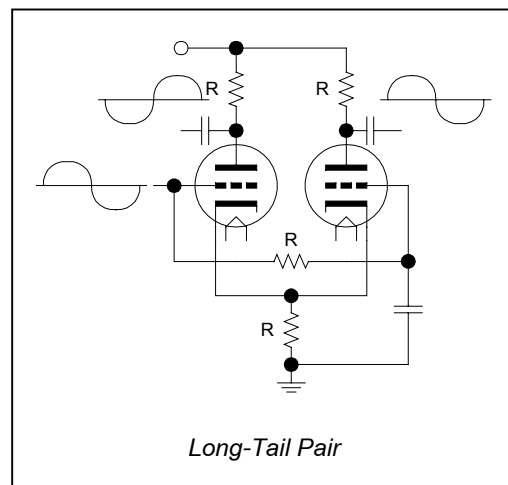
แบบที่ 2 “Split Load” Phase Splitter

เป็นการใช้ธรรมชาติการทำงานของหลอด ซึ่งจะมีสัญญาณที่ Plate และที่ Cathode ต่างกัน 180 องศาให้เป็นประโยชน์ เป็นวงจรที่ง่ายและใช้งานแพร่หลายมากวงจรหนึ่ง ถ้าจะมองการทำงานให้ง่าย ให้มองว่าหลอดเป็น R ปรับค่าได้ตัวหนึ่ง (RP) ตามสัญญาณ Input ที่เข้ามา เมื่อค่า RP เปลี่ยนไป ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อม R1/R2 ในปริมาณที่เท่ากัน เพราะ R1, R2 มีค่าเท่ากัน การออกแบบก็เพียงแค่จัด Bias ให้กับหลอด และจัดให้ R Plate และ R Cathode มีค่าเท่ากัน เมื่อ Tab สัญญาณออกจาก Plate และ Cathode ก็จะได้สัญญาณที่กลับเฟสกัน 180 องศาพอดี เพื่อป้อนให้กับ Power Stage หรือ Driver Stage ที่อยู่ถัดๆ ไป โดยมากแล้วมักจะมีหลอด Input เพื่อขยายสัญญาณก่อนแล้ว Direct Couple มาให้วงจร Split Load อีกทีหนึ่ง

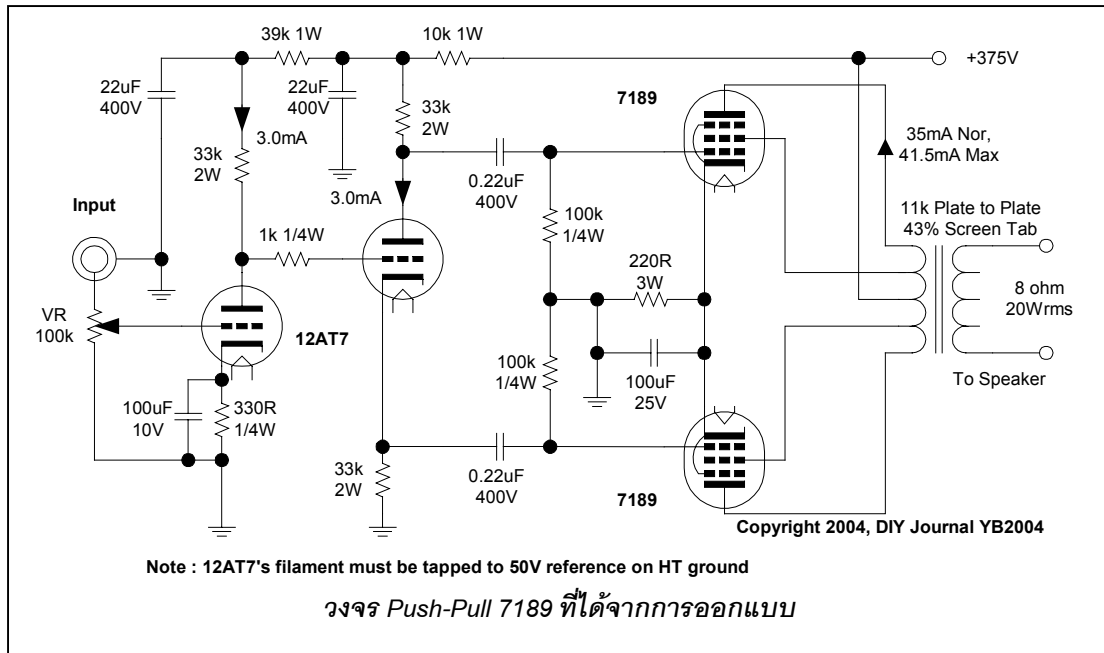


แบบที่ 3 “Long-Tail Pair” Phase Splitter

ถ้าคุณเคยอ่านหรือเล่นวงจรแอมป์ Solid-State มาบ้าง ก็คงคุ้นๆ กับรูปร่างวงจรซึ่งแทบไม่ต่างกับวงจร Differential เลย หลักการทำงานก็คล้ายกันครับคือหลอดด้านที่รับ Input จะทำงานเหมือนวงจร Anode Follower ธรรมดา ในขณะที่อีกหลอดหนึ่งเป็นวงจร Ground Grid ครับ เฟสของสัญญาณที่ Plate ของวงจร Ground Grid จะกลับเฟส 180 องศา กับ Plate ของวงจร Anode Follower และก็นำไปป้อนให้กับ Power Stage หรือ Driver Stage ที่อยู่ถัดๆ ไปได้เลย ข้อดีของ Long-Tail Pair ที่เหนือกว่า Split Load คือตัวมันเองมีอัตราขยายด้วยในขณะที่ Split Load ไม่มีอัตราขยาย แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ออกแบบให้การแยกเฟสสมมาตรได้ยากที่สุด วงจรนี้จึงได้รับความนิยมรองจาก Split Load ที่ง่าย, แบนนอนและถูกกว่า



ถึงตรงนี้ก็สามารถออกแบบวงจรแอมป์ Push-Pull ได้ทั้งวงจรแล้ว ตอนนี้มีวงจร Output Stage 7189 อยู่แล้ว ผมจะเลือกใช้วงจร Split Load ในการแยก Phase สัญญาณ และเนื่องจากวงจร Split Load ไม่มีอัตราขยายและลำพังสัญญาณจากแหล่งกำเนิด ก็ไม่แรงพอสำหรับคู่ Push-Pull 7189 ผมจึงต้องออกแบบวงจรขยายอีกวงจรหนึ่งเป็นวงจร Input เพื่อเพิ่มความแรงสัญญาณให้แรงพอที่จะขับภาค Output Stage



7189 ให้ได้กำลังขับตามที่คำนวณไว้ โดยผมเลือกใช้หลอด 12AT7/ECC81 ทำหน้าที่ทั้ง Phase Splitter และ Input โดยกำหนดจุดทำงานของหลอด Input ไว้ที่ Plate Current 3.0mA @Plate Voltage 100V และหลอด Phase Splitter ในลักษณะวงจร Split Load ที่ Plate Current 3.0mA โดยประมาณเช่นเดียวกับหลอด Input โดยที่ทั้ง 2 วงจรต่อเชื่อมกันแบบ Direct-couple ก็จะได้วงจรแอมป์ Push-Pull 7189 ตามรูป แหล่งจ่ายที่

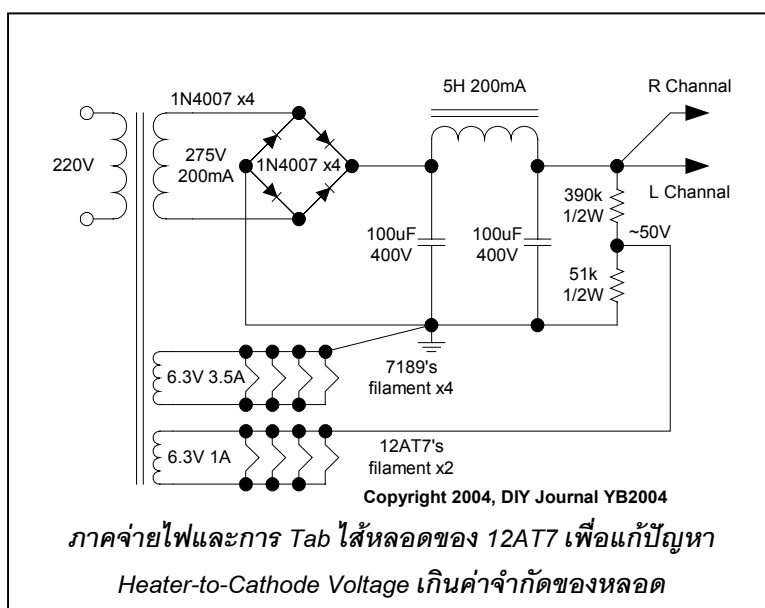
ต้องการคือ +375V 100mA ต่อ 1 ข้าง อันที่จริงในภาวะสวงวงจรจะกินกระแสประมาณ 76mA

ข้อควรระวังที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการสร้างวงจรมีคือ ระดับ Heater-to-Cathode Voltage ของหลอด 12AT7 ตัวที่เป็น Phase Splitter ซึ่ง Cathode จะมีศักย์แรงดันประมาณ 100V เทียบกับ Ground เพราะฉะนั้น Heater ของหลอด Phase Splitter จะไม่สามารถลงกราวด์โดยตรงเหมือนทั่วๆ ไปได้ และยิ่งถ้าหลอด Input และ

Phase Splitter ใช้หลอดตัวเดียวกันแล้ว (หลอดเดียวกัน)

Cathode ของหลอด Input ก็จะมีค่าใกล้เคียง 0V อีก การแก้ไขก็คือการใช้ DC สำหรับใส่หลอด

และไม่ต้องต่อร่วมกับวงจรไฟสูงเลย หรือที่มักจะเรียกกันว่า Floating Filament แต่กรณีที่ใช้ไฟใส่หลอดเป็น AC คงเลี่ยงการนำ Filament ไป Tab กับวงจรไฟสูงไม่ได้ จึงต้องสร้างจุดอ้างอิงที่แรงดันประมาณ 50V ขึ้นเพื่อนำไฟใส่หลอดไป Tab



เอาไว้ได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับ Cathode แล้วจะไม่เกินค่าจำกัดของหลอดทั้ง 2 Sections แต่ก็ยังมีค่าประมาณ 50V อยู่ดี ในกรณีที่ทำเป็น Stereo Block อาจจะออกแบบ Layout ให้หลอด Input ของทั้ง 2 ข้างอยู่ในหลอดแก้วเดียวกัน และหลอด Phase Splitter ทั้ง 2 หลอดอยู่อีกหลอดแก้วหนึ่ง ก็จะสามารถแยกไฟให้หลอดเป็น 2 ชุดและอ้างอิงไปที่ระดับแรงดันที่ใกล้เคียงกับ Cathode ของแต่ละหลอดได้ ก็เป็นหนทางแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ทำให้วงจรนี้มีความไวประมาณ 700mV สำหรับ Full Power Output ซึ่งที่ระดับความไวนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ Pre-amp สามารถใส่ Volume เป็น Integrated Amp ได้เลยดังรูป



หลอด GE 211 ที่ใช้เป็นตัวอย่างในบทความนี้

ข้อดีประการหนึ่งของวงจร PP ก็คือความเป็นมิตรกับภาคจ่ายไฟแบบง่าย ในประเด็นเรื่องของสัญญาณรบกวน เนื่องจากในวงจร PP นั้นจะเกิดการหักล้างของสัญญาณขึ้นในวงจรแม่เหล็กของหม้อแปลง Output หรือที่ทั่วๆ ไปเรียกกันว่า Cancellation ในหม้อแปลง Output สัญญาณรบกวนใดๆ ที่มาจากภาคจ่ายไฟจะหักล้างกันเองในหม้อแปลง Output ซึ่งสัญญาณรบกวนนี้ส่วนใหญ่ก็คือ 50/100Hz Hum นั่นเอง (ขึ้นกับ Rectifier) เพราะฉะนั้นจะเห็นว่าในบางวงจรมันแทบจะไม่มีการกรอง (Filter) ในภาคจ่ายไฟเลย มีเพียง Capacitor ค่าสูงๆ ตัวเดียวหลัง Rectifier แล้วก็ป้อนเข้าวงจรเลย อันที่จริงแล้วสัญญาณรบกวนจะ

หักล้างกันได้สมบูรณ์ก็ต่อเมื่อทั้ง 2 ส่วนของ Primary รวมกับวงจรที่ต่ออยู่ด้วย ทำงานเหมือนกันทุกประการ ตั้งแต่ Inductance, Capacitance, DCR ของหม้อแปลงจนถึงหลอดและจุด Bias ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วในส่วนของหลอดและจุด Bias พอจะควบคุมได้ แต่.... ถึงแม้หม้อแปลง Output จะถูกประดิษฐ์อย่างปราณีตเพียงใด ก็ยังมีความแตกต่างอยู่บ้าง ทำให้การหักล้างไม่สมบูรณ์แบบกอบกับมุมมองของผมเองที่ผมมองว่าอย่างไรเสียสัญญาณรบกวนก็ยังมียู่ เพียงแต่มันไม่ได้ไปปรากฏที่ Output เท่านั้นเอง ผมจึงใส่ LC Filter เข้าไปอีก 1 ชุดดังรูป เพื่อลด Hum ให้ต่ำเพียงพอตั้งแต่ในภาคจ่ายไฟ ขณะเดียวกันวงจร Input และ

Phase Splitter ซึ่งทำงานแบบ SE ก็ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียวกันกับวงจร Output ด้วย จึงได้รับผลจากสัญญาณรบกวนที่ต่ำลงจากภาคจ่ายไฟไปด้วย สำหรับบางคนที่จะสร้างวงจรนี้โดยไม่ต้องการใช้ Choke ก็สามารถทำได้นะครับ โดยการเพิ่ม C Filter เป็นซักราวประมาณ

300uF และเพิ่มค่า C ที่ทำหน้าที่ Decoupling และ Filter ให้วงจร Input และ Phase Splitter จาก 22uF เป็นซักราว 47uF ก็น่าจะไม่มีปัญหาอะไรเมื่อนำไปขับลำโพงที่ความไวไม่สูงนัก (<91dB/W/m)

หวังว่าภาค 2 ของการออกแบบวงจรหลอดชุดนี้ คงจะเป็นประโยชน์กับเพื่อนนักเล่น ให้สามารถนำไปประยุกต์ออกแบบและพัฒนาวงจรหลอดต่างๆ มาประชันกันได้หลากหลายขึ้นนะครับ ไม่รู้ว่าจะหาอะไรมาเขียนภาค 3 อีกดี ชักจะเริ่มหมดหีบแล้วตอนนี้ ขอให้สนุกกับงานออกแบบและ DIY นะครับ

มาแหวกแหวลองเล่น

ACTIVE FILTER AND OPEN BAFFLE

กันสักหน่อยไหม?

Author: Akarapol C.

เริ่มต้นด้วยคำถามว่า ทำไม?

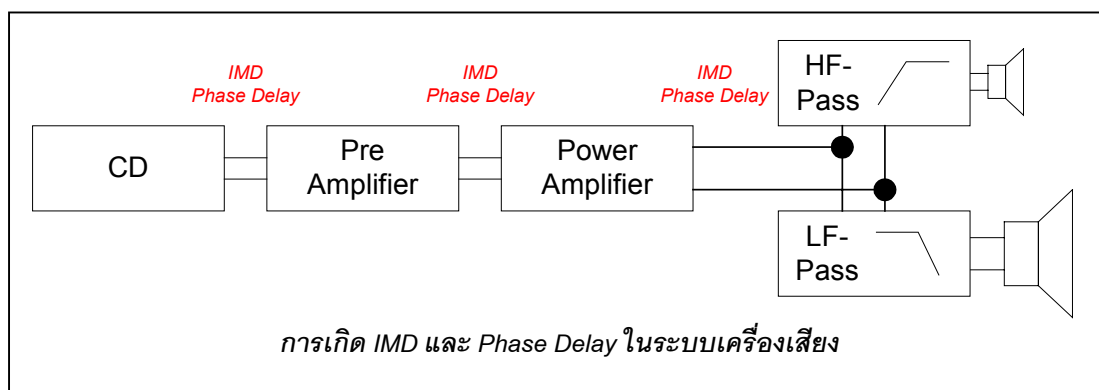
โดยทั่วไป ทั้งหมดที่เราารู้ส่วนใหญ่ลำโพง Commercial นั้น เป็นแบบตู้คำนวณปริมาตรทำงานร่วมกับ Passive Filter แทบทั้งนั้น ถ้านำมาใช้งานร่วมกับ System จะหมายถึงสัญญาณความถี่สูงกับความถี่ต่ำวิ่งไปบนตัวนำเดียวกัน ตั้งแต่ CD, Amp ไปจนถึง Passive Filter ภายในลำโพงแล้วค่อยแยกออกมาเป็น HF กับ LF แยกกันไปขับ Tweeter และ Woofer ต่อไป (ถ้าเป็นแบบ 2 ทาง) แบบว่าไปด้วยกันตั้งแต่ต้นจนจบกรณีนี้ถ้าพิจารณากำลัง Watt ที่ใช้อาจจะมากเกินไปจนทำให้ความจำเป็นไปสักหน่อย และการรวมความถี่ก็เกิดความเพี้ยนหรือ Distortion ได้ ตัวอย่างได้แก่ IMD หรือ Intermodulation Distortion ที่สมมุติฐานว่าเป็นตัวการสำคัญ ยิ่งบวกกับความเพี้ยนทาง Time / Phase อันเนื่องจากการเดินทางไปบนตัวนำเดียวกันเป็นระยะทางพอสมควร ด้วยย่านความถี่ทั้งหมด และเพราะว่าแต่ละย่านความถี่มีความสามารถเดินทางไปบนตัวนำได้ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความเพี้ยนทาง Time / Phase ความเพี้ยนทั้งสองที่ว่านี้ไวต่อการรับรู้ของหูเราพอสมควร

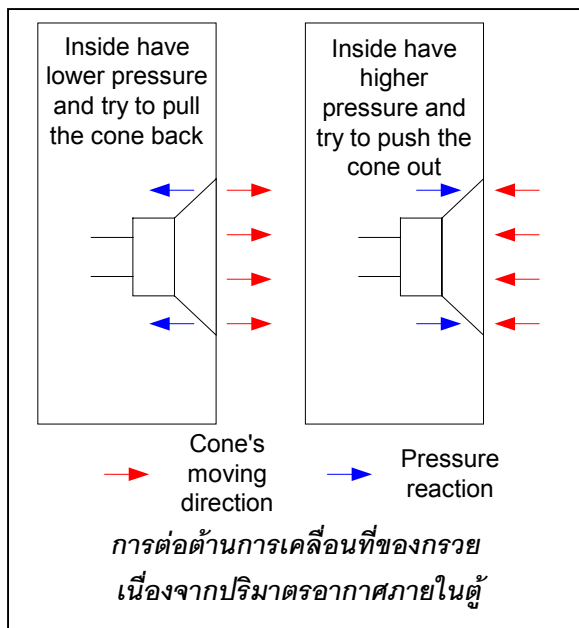
และถ้าความเพี้ยนรวมที่เกิดขึ้นยังมีอยู่มาก มันก็จะไปเปลี่ยนแปลงเสียงต้นฉบับให้เพี้ยนไป ทำให้เรารับรู้เป็นเสียงใหม่ และเสียงใหม่นี้แหละทำให้เราจำสไตส์เสียงได้ว่าเป็นเสียงจากลำโพงแตกต่างจากเสียงจริงๆ ตามต้นฉบับเดิม ง่ายๆ เลย... ทำไมเราจำสไตส์เสียงของลำโพงแต่ละยี่ห้อได้ ทั้งๆ ที่เล่น CD แผ่นเดียวกัน ถ้ามีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกับต้นฉบับเพียงพอ มันควรจะแตกต่างกันน้อยมาก หรือเพราะเรายังเข้าใจสไตส์เสียงต้นฉบับเดิมได้ไม่มากพอ? ฟังจากแผ่นเพราะมาก แต่พอได้ไปฟังตัวเป็นๆ เสียงจริงๆ กลับพบว่าทำไมเสียงจริงๆ ห่วยอะไรอย่างนี้ นี่แหละความเพี้ยน... สามารถ Download PDF เรื่อง Phase กับ Active Filter เขียนโดย Mr. Nelson Pass มาอ่านเพิ่มเติมได้จาก

<http://www.passlabs.com/downloads/articles/phasecrx.pdf>

เรื่องความเพี้ยนยังไม่จบแค่นั้น...

จากการที่มีตู้ แนนอนว่ากรวยลำโพงต้องทำงานหนัก ส่วนหนึ่งเพื่อใช้สู้กับแรงดันภายในตู้ การขยับเข้าออกของกรวยลำโพงย่อมถูกหน่วงลง ทั้งจากตัว





ตู้และจาก Passive X-Over การที่จะขุดเซย์ที่กำลังของ Power Amplifier ก็ไม่สามารถทำได้ทุกคน เพราะ Amp กำลังขับสูงๆ คุณภาพดีๆ นั้นแพงเกินเอื้อม ผมกำลังพูดถึง Power Respond ให้ 50 Watts กับ 200 Watts ความดังเท่ากันแต่ให้ความรู้สึกรับรู้ได้ไม่เท่ากัน ทำไม 50 Watts เร่งเสียงจนสุดก็ยังไม่รู้สึกสะใจ กลับได้ความดังแบบหนวกหูมาแทน (ถ้าคุณมี Open Baffle อยู่ในครอบครอง ลองฟังเสียงที่นอกห้องเทียบกับลำโพงธรรมดาดู จะเห็นความแตกต่างเรื่อง Power Respond กรณีนี้ทั้งตู้และ Passive X-Over ทำให้ลำโพงโดยทั่วไปมี Power Respond ตกลง 10-20dB หากเป็นลำโพงธรรมดา เราคงต้องออกแบบและคำนวณปริมาตรตู้และ X-Over สำหรับ Driver นั้นๆ ให้ถูกต้องในเปอร์เซ็นต์ที่สูงๆ เพื่อจะลดปัญหาเหล่านี้ ซึ่งมันไม่ยุ่งเลย และยังเป็นไปได้ยากสำหรับงาน DIY ด้วยตรงกันข้าม หากมีแล้วสร้างปัญหา ไม่มีจะดีและง่ายกว่าไหม? และสำหรับ DIYer การลองเอาตู้ ออกเหลือแต่แผง ลองเอา Passive X-Over ออก ก็เป็นไปได้ ที่นี้ ถ้ากรวยลำโพงขยับได้อย่างเป็นอิสระ สัญญาณเสียงเข้าไปอย่างไร ก็ออกมาแทบจะอย่างนั้น ไม่ถูกหน่วง รายละเอียดและโครงสร้างตกหล่น

น้อยลง ตลอดระหว่างทางมาถึงหูเราผมว่ามันน่าจะดีกว่า... เหมือนกับที่เรารับรู้ได้ว่าเราได้ยินเสียง (เช่น ระฆัง) ที่ดังมาจากไกลๆ ทั้งที่ปลายแหลมกับท่อนั้นกดหายไปมากแล้ว แต่หากโครงสร้างและรายละเอียดยังดีอยู่ ไม่เพี้ยนมากจนเกินไป หูเราก็จะสามารถตีความหมายจากเสียงที่ได้ยินออกเปรียบเสมือน Noise Floor (ทาง Acoustic) รายละเอียดก็จะปรากฏออกมา ถึงแม้ Dynamic จะสูญหายไปบางส่วน แต่ทั้งโฟกัส ทั้งเวทีเสียงและลักษณะของเสียงต่างๆ ก็จะถูกเรียบเรียงขึ้นใหม่ได้ถูกต้องสมบูรณ์และใกล้เคียงต้นฉบับเดิม

แล้วหากได้ลำโพงที่มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงมาครอบครอง แต่สภาพ Acoustic ของห้องฟังไม่อำนวยเลย ก็จบอีกเหมือนกัน และผลข้างเคียงที่สำคัญ (สำหรับผม) ถ้ามีลำโพงสวยๆ เสียงดีๆ ไม่เกี่ยงห้องฟัง แล้วอยากจะทำอะไรที่ห้องนั่งเล่นมั่ง (โดยที่คุณภาพเสียงไม่ต่างจากที่ตั้งในห้องฟัง) หรือที่ๆ เราใช้เวลาส่วนใหญ่กับสมาชิกในครอบครัว และได้ฟังเพลงมีความสุขด้วยกันถ้วนหน้า... ดูจะดีไม่น้อย

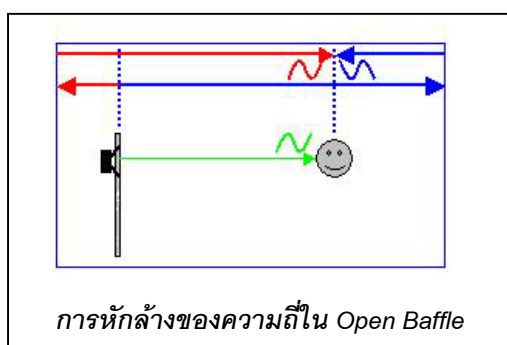
สรุปโจทย์หรือสิ่งที่ลำโพงทั่วไปมีเหมือนๆ กัน

- Power Respond จะต่ำกว่าความสามารถของ Driver ที่มีอยู่จริง 10-20dB เพราะตู้และอุปกรณ์ Passive X-Over ลองออกมาฟังนอกห้อง หาก Power Respond มีความสมดุลดี เราควรจะได้ยินเสียงที่มีความหมายหรืออารมณ์เดียวกับที่ฟังในห้อง
- IMD และ Time / Phase หูเรารับรู้และมีความไวต่อทั้งสองสิ่งนี้ เพี้ยนนิดเดียวอาจทำให้เรารับรู้เป็นสิ่งใหม่ได้ ก็ตัวรับหลังเต่าอาจจะกลายเป็นก็ตัวรับหลังกระทงไปเลย

- ห้องฟัง หรือ สภาพ Acoustic เปรียบเสมือนส่วนหนึ่งของลำโพง และมีผลต่อการรับฟังอย่างมาก มีค่าเปรียบเทียบเปลี่ยนห้องก็เสมือนเปลี่ยนลำโพงใหม่ ยิ่งโดยเฉพาะความถี่ต่ำๆ ทำเอาปวดเศียรเวียนแฮดกันมานักต่อนักแล้ว

มาลองใส่ใจกับสมมุติฐานข้างต้นนั้นกัน

เพิ่ม Power Respond ลดความเพี้ยน IMD, Time / Phase สุดท้ายเป็นมิตรกับห้องฟัง ดังนั้น ลำโพงน่าจะเป็นแบบ Open Baffle (OB) เพราะเราต้องการเน้น Power Respond และเป็นมิตรกับห้องฟังมากกว่า (ความถี่หักล้างด้านข้างและเสียงแบบกลับเฟสที่ยิงออกไปพร้อมๆ กันแต่ทิศตรงข้าม น่าจะออกแบบเป็น 2-3 ทาง และเพื่อให้ได้การตอบสนองราบเรียบตั้งแต่ 20Hz-20kHz จึงต้องใช้ Active Filter เพื่อแยกความถี่, ลดความเพี้ยนที่เราใส่ใจ และเพื่อชดเชยความถี่ Roll-Off จากแผง OB จะได้ลดขยายของแผง OB ลงไป ไม่ให้ใหญ่โตเกินไปนัก OB น่าจะแยก Driver แบบ 3 ทาง ทำงานร่วมกับ Active Filter

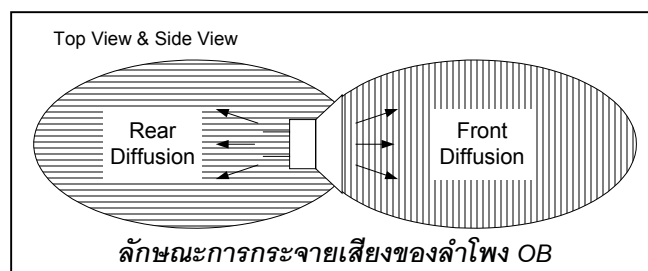


Open Baffle หรือสั้นๆ ว่า OB

ลักษณะการกระจายเสียง (Acoustic Diffusion) มีรูปคล้ายเลข 8 ซึ่งเป็นลักษณะการกระจายเสียงที่เหมือนกับการเกิดเสียงจริงมากที่สุด ลดผลกระทบจากสภาพ Acoustic ของห้อง ช่วยเรื่องการสลายตัวของเสียงสะท้อนที่ตำแหน่งนั่งฟัง ไม่ว่าจะขยับตัวไปด้านไหน ระยะเวลาเสียงสะท้อนครั้ง

แรกของเสียงที่ยังออกด้านหน้าและเสียงกลับเฟสที่ยังออกด้านหลัง จะเดินทางเป็นระยะเท่ากันและหักล้างกันเองที่จุดนั่งฟังเสมอ ทำให้ Sweet Spot กว้างกว่าลำโพงแบบทั่วไป

ทั้งยังตอบสนอง Power Respond ได้ดีกว่าเนื่องจากกรวยลำโพงเป็นอิสระจากการหน่วงของแรงดันในตัวตู้ และอุปกรณ์ Passive X-over (หากใช้ Active Filter ร่วมด้วย)



Active Filter

- กรวยลำโพงต่อตรงกับ Power Amp ไม่ถูกคั่นด้วย Passive X-Over เป็นการเพิ่มความสามารถในการควบคุมลำโพง อีกทั้งตัวลำโพงเองจะเป็นอิสระทั้งจากตัวตู้และ Passive X-Over ก็ยังถูกควบคุมได้ง่ายขึ้นจาก Power Amp ที่ดูเสมือนกำลังขับสูงขึ้น ฉะนั้น Power Respond ยิ่งดูดีกว่าลำโพงแบบธรรมดาอย่างเห็นๆ
- Active Filter แยกความถี่ก่อนเข้า Power Amp จะทำให้ตัว Amp เองมีประสิทธิภาพของกำลังขับเพิ่มขึ้น (อย่างน้อย 4 เท่าตัว Peak และ 8 เท่าตัว RMS) สมมุติ Gainclone 50 Watts ก็เท่ากับ 200 Watts (Peak) (อ่านเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ Basic ใน xrv1_om.pdf โดย Mr. Nelson Pass) และเรื่องความเพี้ยนไม่ว่าจะเป็น IMD และ Time / Phase สามารถชดเชยและแก้ไขได้ และมีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถออกแบบเพื่อคงความถูกต้องไว้ได้มากจนกระทั่งเสียงมาถึงหูเรา

- Active Filter ลดข้อจำกัดของ OB โดยจะสามารถลดขนาดของแผง Baffle ลงได้ โดยการชดเชยความถี่ที่เกิด Roll-Off เพราะขนาดแผง OB และสามารถเลือกปรับ Gain ให้เหมาะสมเนื่องจากความไวของแต่ละ Driver ที่ไม่เท่ากัน

ผลลัพธ์ที่ควรจะได้จากการเลือกใส่ใจในสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมา

ทำแบบ DIYer มั่วไป ทำแบบง่ายๆ ไม่ได้คำนวณให้ตรงนัก ลองถูกลองผิดไปเรื่อยๆ (ถึงคำนวณให้ตรงกับอกได้แค่จุดเริ่มต้น สุดท้ายต้องค่อยๆ ลองไปอยู่ดี) ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีได้ ถึงแม้จะใช้แค่ Driver เกรดบ้านหม้อธรรมดาๆ (แต่เลือกหน่อย) ก็สามารถให้เสียงได้น่าฟังและเสมือนมีคนมาร้องและเล่นให้ฟังกันสดๆ หากออกแบบเป็นลำโพงตู้ คงต้องใส่ใจออกแบบกันมากกว่านี้มาก



ต้นแบบ No. 1

วิธีวัดและประเมินผล

ผมทำ Active Filter แยกข้างเดียวก่อน (แต่ OB ทำทั้งสองข้าง) แล้วฟังเทียบกับ Fullrange ในแง่ความต่อเนื่องที่รอบๆ จุดตัดและความถี่ที่อาจ

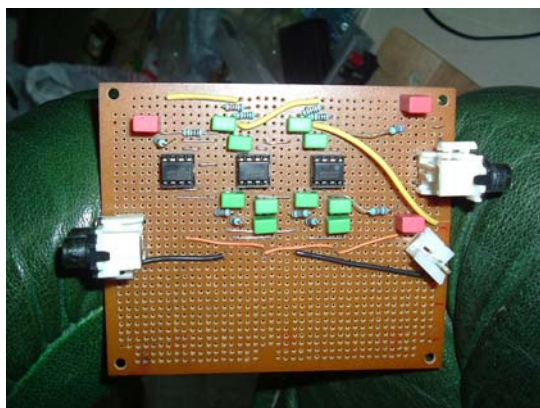
มีโด่งหรือหายไปบางความถี่เนื่องจากจุดตัดหรือจากแผง OB ซึ่งความถี่ตอบสนองของลำโพง Fullrange ก็มีเพียงพอให้เราใช้วัดได้อย่างสบาย



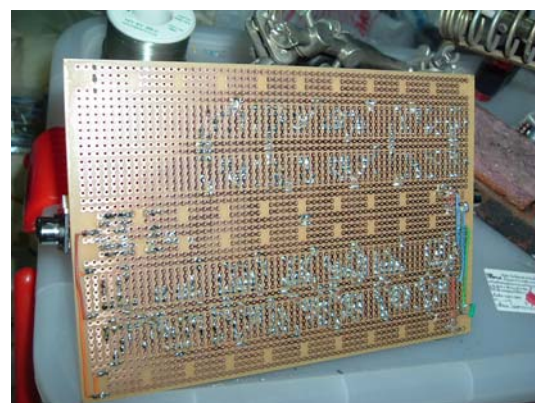
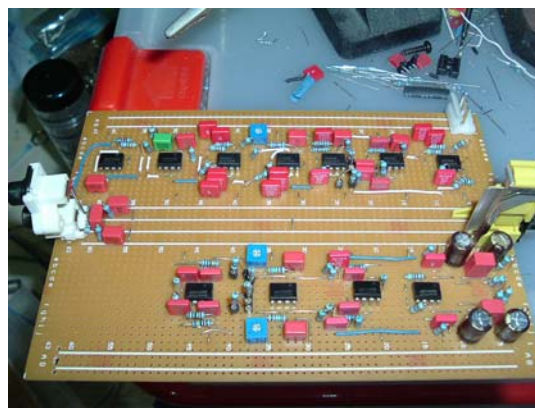
และอีกหนึ่งก็เทียบกับ Passive X-Over ที่มีจุดตัดความถี่เดียวกัน เพื่อเทียบเสียงระหว่าง Passive กับ Active ตรงนี้ใช้วัดคร่าวๆ เนื่องจาก Passive ไม่ได้ออกแบบมาเฉพาะ เราสามารถบอกได้ง่ายๆ เลย หากเสียงออกอาการเอียงซ้าย-ขวา นั้นแสดงว่าที่ความถี่นั้นระดับความดังต่างจากอีกข้างที่เปรียบเทียบ และยังสามารฟัง Phase Error ได้อีกด้วย หูเราไวต่อสิ่งไหนก็ใส่ใจสิ่งนั้น สรุปทั้งสองอย่างที่ใช้วัด ฟังออกได้ง่ายๆ ครับ

ลงมือทำ

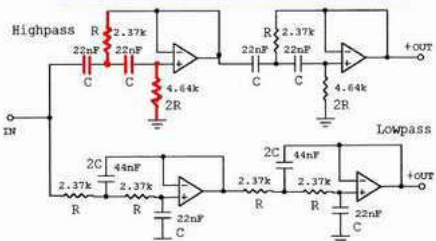
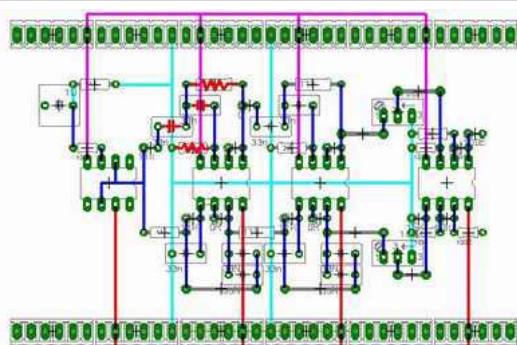
ครั้งแรกผมลอง OB กับ Active Filter หรือ Active X-Over เป็นแบบง่ายๆ จาก Web ESP จากนั้นก็ลองแบบ Phoenix จาก Web Linkwitz แบบง่ายๆ (X-Over 2 ทาง) มีแค่ Input Buffer ทำงานร่วมกับ Filter (High-Pass, Low-Pass) อาจบวก Gain Control ที่ HP หรือ LP อย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อความไวที่ไม่เท่ากันของลำโพง วิธีการลงอุปกรณ์ง่ายมากตามรูปครับ ทำงานร่วมกับ Gainclone 2 เครื่อง (4 Channels) แยกขับ Tweeter กับ Woofer เสร็จแล้วลองกับ Drivers ใดๆ คุณภาพพื้นๆ ก่อน เพื่อดูว่าจะไปต่อยังไงดี



Active Filter Version 1



Active Filter Version 2



รูปวงจรและการลงอุปกรณ์บน PCB

จากนั้นก็ลอง Phoenix เป็นแบบ 3 ทาง ปรับจุดตัดเป็น 2kHz ทำงานร่วมกับ Gainclone 4 ตัว (8 Channels) ลาย PCB ออกประสงค์ตามรูป ชื่อได้จากอมรครับ ลงอุปกรณ์ได้ง่ายพอควร แต่ Jumper อาจจะเยอะหน่อย

ผลการรับฟังจริงๆ

น่าทึ่งครับ อยากให้ทุกคนมีโอกาสได้ฟัง ผมชอบมากกว่า System ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งที่ผมเคยใช้ทุกชุดซะอีก เลยลงความเห็นว่าคุณดีกว่าในทุกกรณี วง, เวที, บรรยากาศ ทั้งๆ ที่ OB + Active Filter ยังครึ่งๆ กลางๆ ทั้งคู่ ปั่นกันมั่วๆ อยู่

นี่แหละ ไม่ต้องรอกปากกาเขียน ลงมือได้เลยไม่ผิดหวังแน่นอนครับ ...

หาอ่านเพิ่มเติมได้ที่

1. Linkwitz Active Filter
<http://www.linkwitzlab.com/filters.htm>
แนะนำให้อ่าน Concept ก่อนตามด้วย
2. FAQ ESP Bi-amp
<http://sound.westhost.com/bi-amp.htm>
3. Nelson Pass
<http://www.passlabs.com/pdf/phasesecrx.pdf>
4. <http://www.thaiavclub.org> หัวข้อ DIY กระทั่ง “ลองฟังเสียงแบบ Activer Filter ดูซะหน่อย”
5. หรือติดต่อสอบถามกับผู้เขียนทาง Email ได้ที่ Akarapol_C@hotmail.com

DIY Experiment THE DHT SMOOTH

Author : DIY Man



The DHT SMOOTH Vacuum Tube Single Ended Amplifier

Introduction

สวัสดีเพื่อนๆ พี่ๆ และสมาชิกทุกๆ ท่านครับ เกือบจะจบปีแล้วที่ผมแวะเวียนเข้ามาโลกของการ DIY แอมป์หลอด สิ่งแรกที่ได้ดึงดูดใจผมก็คือ การค้นหาธรรมชาติและความต้องการที่แท้จริงของการรับฟังหรืออยากแค่ต้องการสร้างเครื่องเสียงเพื่อเสพงานดนตรี ที่มันให้เสียงออกมาได้ในแนวที่ตัวเองชอบครับ และถือเป็นสิ่งที่ไม่น่าเชื่อ ก่อนหน้านั้นในครั้งอดีต ไม่รู้เพราะเหตุใด ผมจึงได้พยายามสร้างแอมป์ Solid-

State ให้มีกำลัง Output ออกมาเป็นร้อยเป็นพันวัตต์ ทั้งๆ ที่ก็เพียงเพื่อใช้มันฟังเพลงแค่เบาๆ ในบ้านพักยามว่างเว้นจากการทำงาน โดยหวังว่าเสียงมันน่าจะออกมาดีกว่ากำลังมากๆ จริงๆ แล้ว ผมไม่ได้ใช้ความดังของมันอย่างเต็มกำลังเลยครับ แรกเริ่มที่ผมก้าวเข้ามาทำแอมป์หลอด ผมพกเอาข้อสงสัยมากมายว่าทำไมหนอ? ถึงยังมีคนอีกกลุ่มใหญ่ยังทำแอมป์หลอดและมีใช้เล่นอยู่ในปัจจุบันทั้งๆ ที่มันเป็นแค่ Electronic Part ที่ดูโบราณ ใหญ่โตเทอะทะ มีข้อจำกัด

มากมายในการใช้งาน ที่สำคัญความเพี้ยนก็สูงและแถมยังได้ประสิทธิภาพต่ำ ผมเคยเห็นวงจรแอมป์หลอดบางตัวได้ Output ออกมาแค่ 1 วัตต์กว่าๆ หรือไม่ถึงดี แล้วมันจะไหวขับลำโพงหรือ? แต่ข้อสงสัยทั้งหมดหลังจากที่ผมเข้ามาได้สัมผัสงาน DIY หลอดด้วยตัวเองไปบ้างแล้ว จึงพบคำตอบก็คือ... นี่แหละใช่เลย!! มันเป็นเรื่องที่ผมได้พยายามค้นหามานานแสนนาน และต้องบอกว่ามันได้ตอบสนองความต้องการในการเสพงานดนตรีของผมได้อย่างพอเพียงในแบบที่เคยค้นหาเอาไว้จริงๆ

ก้าวแรก.. ผมเริ่มต้นทำแอมป์หลอดครั้งแรกก็จาก วงจร Push-Pull EL84 งานแรกก็แปลกเหลวแล้วครับ หลอดที่ผมหาได้ในตลาดเป็นหลอด Russia ไม่ Matched กัน มันมีเสียง Hum ตอนหลอดร้อนจัดๆ ผมเองพยายามแก้ปัญหาในทุกๆ ทางแต่ไม่สำเร็จเลยเป็นได้รื้อทิ้งทันทีครับ ตอนหลังจึงพบว่า OPT ที่ผมสั่งทำมา แต่ละ Tap ค่าออกมาต่างกันมากอีกด้วย จากนั้นจึงมี

ความคิดเลยว่าแอมป์หลอดนี้ไม่ใช่ของหมูๆ จึงได้หยุดนิ่งดูและค้นคว้าหาข้อมูลอยู่พักใหญ่ คิดๆ อยู่ว่าอยากจะทำต่ออีก แต่ขอเลือกทำ Single Ended โดยเริ่มจากวงจรง่ายๆ ดีกว่า ใช้ EL84 ที่เคยใช้มาก่อนหน้านั้นเหมือนเดิม เออ... เสียงออกมาดี ไม่ Hum หลังจากความสำเร็จครั้งนั้นผมจึงได้ออกตามหาหลอดมาต่อทดลองอีกมากมาย หลายเบอร์ ถ้าดีก็เอาลงแทน ถ้าไม่ชอบเสียงก็รื้อทิ้งไป มีครั้งนึงผมได้ทดลองหลอด DHT เบอร์ 1G4 และ 1H4 โดยทำเป็น Line Level Preamp จึงได้พบว่าเสียงจากหลอด DHT นี้แปลก ไม่ธรรมดา ที่สำคัญเสียงก็เหมาะกับแนวที่ผมชอบด้วย จึงอยากลองหลอด DHT ที่เป็น OPT บ้าง ที่คิดได้ตอนนั้นก็ขอเป็น 2A3 ก่อนเลย วงจรดังเลย SRPP 6SL7 ขับ 2A3 ใช้ได้ทีเดียว Tune เสียงกันอยู่พักหนึ่งก็ได้สิ่งที่ต้องการครับ เสียงหวาน หนานุ่มเนียน มันให้ผลออกมาในแบบที่ผมต้องการเลยครับ



หลอด Dual Plate 6B4G โครงสร้างภายในก็ดูเหมือนๆ กับ 2A3

Concept

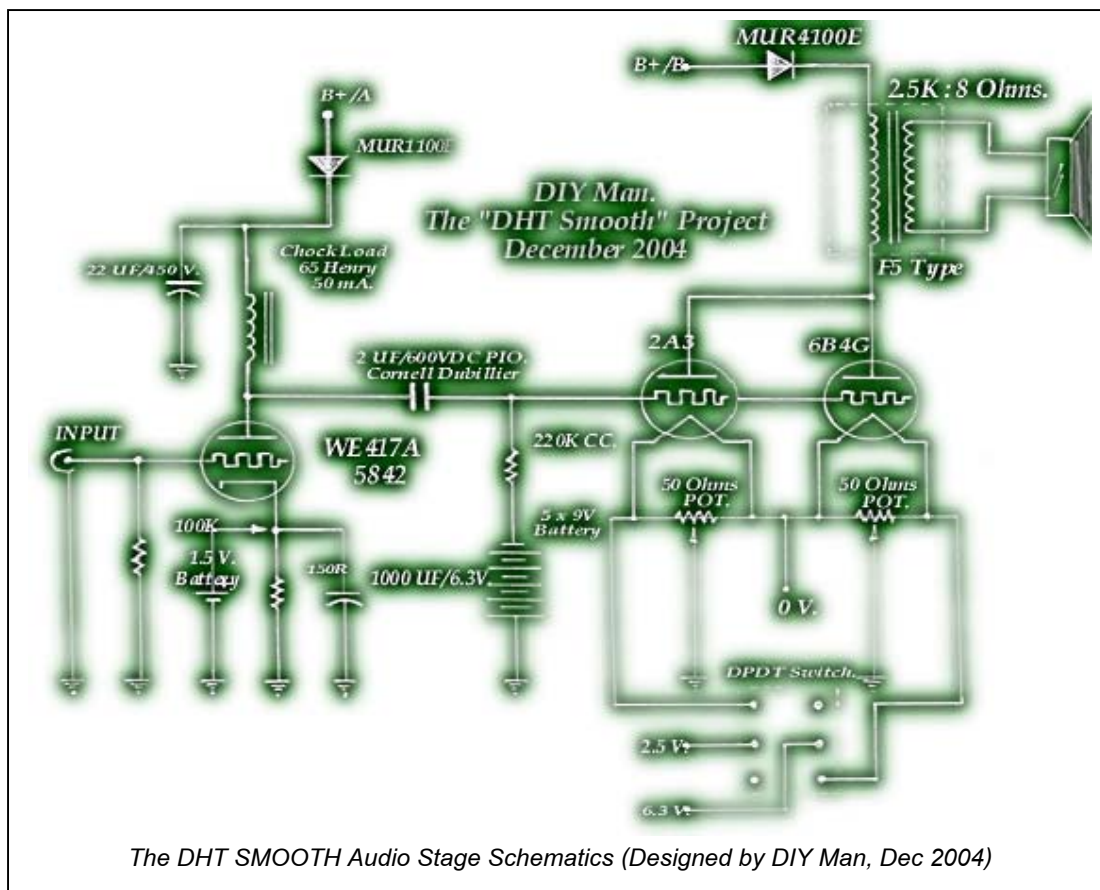
ผมเองได้พบว่าเจ้า 2A3 เป็นหลอด DHT ที่ให้แนวเสียงออกมาได้ในแบบที่ผมชอบ แต่หลอด NOS ดีๆ หายากมากแถมยังมีราคาแพง จึงมีแนวความคิดว่าหลอดในกลุ่มนี้ ยังมีหลอดอีก 2 เบอร์ที่ไม่ค่อยมีคนสนใจทำและก็เสมือนเป็นแฝดคนละฝากับ 2A3 ซึ่งก็คือหลอด 6B4G แต่เป็น Octal Base และอีกเบอร์ก็คือ 6A3 แต่จากการที่ผมได้ลองสังเกตโครงสร้างส่วนใหญ่ของหลอด 6A3 หลายๆ ยี่ห้อ มันก็แทบจะไม่มีอะไรแตกต่างจาก 6B4G เลย ยกเว้น Base ที่เป็นแบบ UX-4 4 Pin ก็เท่านั้น แต่ก็อีกแหละเจ้า 6A3 NOS ราคาก็ยังเป็นรองจาก 2A3 ไม่มาก ดังนั้น 6B4G จึงเป็นตัวเลือกที่เข้าท่ากว่าครับ ราคาก็น่าลองเอามันมาทำ Single Ended Amp เล่นดู Socket หาง่าย ราคาถูก ดังนั้นผมจึงมีความคิดว่าจะจับมันเอามาใส่แทนเดียวกันกับ 2A3 ที่มีหลอดอยู่เดิมซะเลย จะได้ทดลองฟังในแบบ AB Test เลือกฟังได้ในสองแบบสองสไตล์เสียงกันไปเลยครับ

ปกติหลอด 6B4G จะมีระดับราคาประมาณ 20-50% เมื่อเทียบกับหลอด 2A3 หลายๆ คนบอกว่าทำยากและ Hum อาจจะมีมากกว่า เนื่องจากไส้หลอดใช้แรงดันสูงกว่า 2A3 จาก 2.5V ไปเป็น 6.3V ก็ว่ากันไปเรื่อยๆ ครับ ผมเองก็ไม่เคยเชื่อจนกว่าจะได้ลองเอง ผมได้เอาหลอด 6B4G ต่อเสียบสลับกับ 2A3 วงจรเดียวกันแค่แก้ไขไส้หลอด เปลี่ยน Socket ก็พบว่าระดับ Hum ที่ออกมาก็ไม่ได้

แตกต่างกัน ซึ่งตอนนั้นผมก็ใช้ AC จุดได้หลอดเหมือนกัน กันด้วย นอกจากนี้ผมก็สามารถปรับ Hum จนเงียบสนิทด้วย Hum Pot ได้อีก แถมเสียงจาก 6B4G ก็ยังออกมาดีมากไม่แพ้ 2A3 เลยครับ ผมเคยเทียบหลอดกลุ่มนี้ที่เป็นหลอด NOS พบว่าหลอด 2A3 ผลิตภัณฑ์ของทั้งจีนและ Russia ให้ระดับ Noise Level สูงกว่าหลอด NOS จากทาง Europe หรืออเมริกา ไม่รู้เพราะอะไรทั้งๆ ที่ผมปรับ Hum Pot ช่วยสุดๆ ก็แล้ว แต่พอกับ DC จุดไส้หลอด มันก็เงียบปกติดีครับ หรือว่าหลอด 2A3 จีนและ Russia จุดไส้หลอดด้วย AC แล้วมี Hum อิม... มันก็น่าแปลกดีครับ

Circuit

ครั้งนี้... จากประสบการณ์การทดลองต่อหลอด WE417A/5842 เป็น Line Stage Preamp ให้กับแอมป์ 2A3 ตัวแรกของผมที่มี 6SL7 SRPP เป็นหลอดขับ แนวเสียงที่ได้จากหลอด Line Pre กระแสสูงแบบนี้ ออกมาได้ดีมากจริงๆ มันออกแนวหวานแหลมเสียงละเอียดและสดใส ฟังจนติดหูผมเลย มันให้ Scale เสียงได้มากกว่าในแบบที่หลอด 6SL7 ให้ ซึ่งมักออกแนว Flat ฟังแล้วรู้สึกจืดๆ ขาดสีสัน จึงได้มีความคิดว่าจะเอามันมาทำหลอด Driver Stage ให้กับ 6B4G และ 2A3 ที่กำลังจะทำต่อไปซะเลยดีกว่า แต่ตัวผมเองยังไม่หาญกล้าเล่นกับ Inter Stage (ปัญหาเดียวที่ผมมีคือมันยังแพงเกินไป..ฮา..) ดูเหมือนว่า LL1660 ดู



จะเหมาะสมมากๆ เลย เหลือบๆ ดู EMail ที่ Martin Electronic / Singapore ได้เสนอราคามา...ฮือ...ฝากไว้ก่อนเดี๋ยวล่ะ!!...เดี๋ยวล่ะ...อีกหน่อยจะกัดฟันหามาลองเล่นให้จงได้เลย..ฮ่าๆ.. ตอนนี้เลยคิดว่าเอาแบบพื้นฐานก่อนดีกว่า RC Coupling ธรรมดาก็น่าจะพอเพียง ผมเองยังยึดถืออยู่เสมอในการเลือกที่จะต่อวงจรหลอดว่า "Simply is the Best" ไม่เน้น Constant Source ใดๆ ปลอ่ยให้หลอดทำงานในแบบอิสระ ที่สำคัญผมชอบที่จะเลือกใช้การจุดให้หลอดด้วยไฟ AC ก่อนเสมอ และ Rectifier ก็ต้องเป็นหลอดด้วยเท่านั้น

เนื่องจาก 2A3 / 6B4Gหลอด NOS ก็ต้องถือว่าในบ้านเราหายากและมีราคา

แพง ผมกะว่าจะ Run มันที่ 250V ที่ Plate กระแส 60mA (Grid Bias ประมาณ -45 Volt) ตามใน Spec ของ RCA ปี 1933 แนะนำไว้ก็พอ ส่วน 5842 กะว่าเอาซัก 150V ที่ Plate กระแสซักประมาณ 10 กว่า mA ก็กำลังดีแล้วครับ (จริงๆ แล้วกลัวหลอดพัง 5842/WE417A แพงและหายากเหลือเกิน)

Construction

อาจเป็นสิ่งที่ DIYer หลายคนรวมถึงผมไม่ค่อยจะอยากลงมือทำเองเลย ก็คือตัวแท่นเครื่องครับ แต่จะเป็น DIY แบบแฟนพันธุ์แท้ทั้งที ก็ต้องลงมือออกแรงนิดหน่อยแหละ!! รูปแบบต้องมีไม้ประดับซักหน่อยเพื่อเพิ่มความ Classic ส่วนการยึดหลอดคง

แน่นไม่มีหลุดและไม่ต้องเจาะยึดน็อตตาม
ขอบแผ่น Aluminium ให้เกะกะ อีกด้วยครับ

จริงๆ แล้วการสร้างไม่ค่อยมีอะไรยุ่งยากครับ วงจรก็จะดูเรียบง่ายแต่พอทำเข้าจริงๆ ก็ยังดูหนาแน่นครับ ผมวางมันในลักษณะตะแคงอย่างนี้ก็เกือบประมาณสี่ปาดาร์ห์ ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ ทดลองเปลี่ยน Bias แต่งเสียงไปเรื่อยเปื่อยครับ และผมยังเคยทดลองต่อวงจร Output ให้เป็น 6B4G Parallel Single Ended ด้วย กำลังเสียงดังกว่าหลอดเดี่ยวๆ มาก แต่เสียดายครับผมไม่รู้จะเอาวัตต์สูงๆ ขนาดซัก 7 Watts กว่าๆ ไปทำอะไรเพราะปกติผมฟังเพลงจริงๆ ก็เปิดไม่ดังมากอยู่แล้ว เลยไม่อยากเผาหลอดดีๆ ที่

พร้อมกันสี่หลอดแค่เพื่อให้ได้กำลังมากขึ้น (แต่ไม่ได้ใช้)

ยังไม่จบครับ... ในแท่นเครื่องสุดท้ายมันก็ยังมีส่วน Battery 9 Volt และ Choke Load เข้ามาแจมด้วยอีกจนได้ นี่ยังไม่นับรวมถึง Oil Cap ขนาดมหึมาที่เตรียม Tweak ไว้อีก แล้วผมจะเอามันไปซุกไว้ตรงไหนดีล่ะ??

ของ Socket หลอด เพื่อลดความผิดพลาด และให้จุดต่อระหว่างกันสั้นที่สุดครับ แต่โดยส่วนตัวผมว่ายังดูแย่อยู่ ต้องปรับปรุงอีกมาก อุปกรณ์แบบ Passive ที่เห็นใช้อยู่ เกือบทั้งหมดได้จากบ้านหม้อครับ ที่แปลกๆ หน่อยก็ Coupling Capacitor ผมเลือกใช้ Oil Cap ยี่ห้อ Cornell-Dubiller ค่าใหญ่มากทีเดียวครับ 2.0uF/600Vdc เนื่องจากผมเป็นคนที



The DHT SMOOTH A LOOK INSIDE

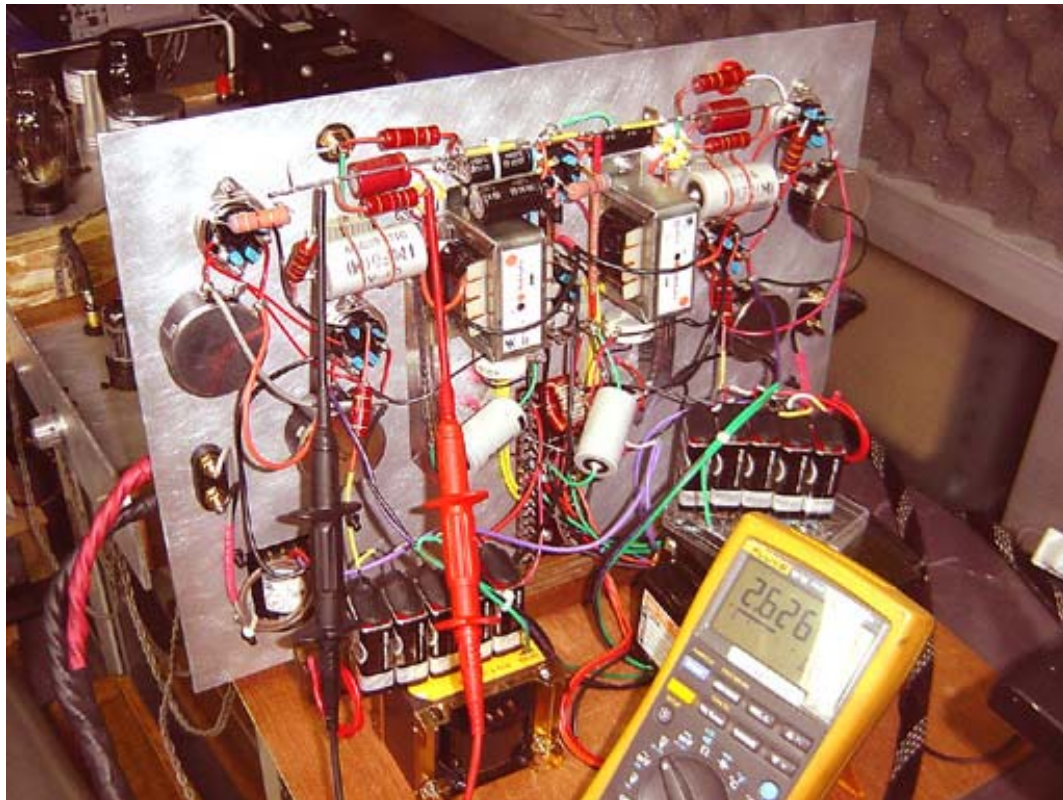
Hand Hard Wring

โดยส่วนตัวผมถือว่าเป็น Climax ของการทำเครื่องหลอดเลยครับ สนุกท้าทายมากครับขั้นตอนนี้ แต่อาจจะหมดสนุกก็ตอนทดลองแล้วมัน Hum กระตุกหรือหลังจากจ่ายไฟแล้วก็มีควันขึ้นนี่แหละ!! (ฮา..) ผมเองมักวาดแบบคร่าวๆ ลงในกระดาษก่อนซึ่งออกแบบไว้ตั้งแต่ตอนวางตำแหน่งองศา

ชอบเน้นๆ เสียงกลางครับ ขอเอาแบบหนาๆ นุ่มไว้ก่อน รายละเอียดเสียงฟังแบบ Audiophile ประเภทพวกชอบจับผิดเสียงเพลงค่อยเอาไว้ว่ากันทีหลังครับ ก่อนหน้านี้เคยลอง Teflon Cap 0.1uF/500Vdc ปรากฏว่าเสียงสะอาดใส Speed ดี แต่ฟังๆ แล้วไม่ค่อย Romantic สำหรับผม PIO ค่ามากๆ เกิน 1uF จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด

ครับ แต่ของแบบนี้มันก็แล้วแต่ความชอบ
ของแต่ละท่านครับ เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของ
DIYer ที่พึงสามารถกระทำได้ตามที่ใจเรา
ต้องการครับ

Output Stage ไว้ทดลองแต่งเสียงเล่น แต่ที่
ทดลองสลับไปมาหลายเบอร์แล้วปรากฏว่า
หลอด 5U4G (Full-Wave Rectifier Tube)
เท่านั้น ที่ให้เสียงได้นุ่มนวลชนะเลิศผมทั้ง 2



วัด Bias และ Fine Tune

Tweak System

ครั้งแรกผมว่าเสียงกลางมันยังไม่
หวาน หนานุ่มเนียนนัก ณ ที่นี้ ผมเลยขอ
อนุญาตยืม Idea จากวงจรเจ้า Bat Man
2A3 ของคุณรัฐกรใน YB2002 มาทดลอง
ใช้ดูบ้าง จึงได้ไปตามหาซื้อถ่าน 9V มาอีก
ข้างละ 5 ก้อน ต่อเข้าที่ Grid ของ 2A3 เลย
ลองฟังเล่นๆ อยู่ซักพักนึง อือม...เสียง
เปลี่ยนไปเยอะครับ ได้ความละเอียดราบ
เรียบเพิ่มขึ้นมาก แต่ยังไม่พอ ผมตั้งใจแยก
หลอด Rectifier ระหว่าง Driver Stage และ

ภาค เลย์ถูกนำมาใช้เพื่อการดังกล่าวนะครับ

อีกอย่างที่ผมตั้งใจอยากทดลองและ
กระทำกับวงจรนี้มากก็คือ การใช้ Choke
Load กับ 5842 ว่ามันจะให้เสียงเปลี่ยนไป
เป็นแนวอย่างไร? เลยไปควานหามาจนได้
ครับ Choke 65H / 50mA (Measure at 1
kHz) ไม่ผิดหวังครับ เสียงนุ่มใส-ละเอียดเพิ่ม
ขึ้น ดีกว่าตอนใช้ R Plate ธรรมดาๆ ดินะที่
แท่นเครื่องผมพอมีเหลือที่ว่าง จับมันหาที่
ใกล้ๆ หลอดยัดลงไปจนได้ ไม่เช่นนั้นต้อง
ห้อยยัดมันไว้เอียงๆ กับแท่นไม่เป็นแน่แท้



ขณะต่อใช้งานใน System ของผม

นั่นคงเป็นที่มาทั้งหมดของโครงการนี้ครับ **The “DHT SMOOTH”** ผมคงให้เป็นชื่อมัน และมันก็ให้เสียงได้ในแบบ Smooth และยังเด่นที่เสียงละเอียดดีจริงๆ คงเพราะผลจากการเลือกใช้ Choke Load ที่อาจเกิดจากค่า Capacitance แผงจนอาจ Roll-Off ความถี่ใดๆ ออกไปบ้าง แต่ก็นั่นแหละครับ หลายท่านคงเคยฟังแอมป์ Solid-State ที่กล่าวอ้างว่า สามารถตอบสนองความถี่ได้ราบเรียบตั้งแต่ DC จนถึงหลายร้อย kHz เทียบกับแอมป์หลอดที่ท่านทำซึ่งอาจจะมี Roll-Off ตั้งแต่ไม่กี่สิบ kHz ผมคิดว่าทฤษฎีมีไว้ให้ศึกษาและทำทลาย ส่วนคุณสมบัติ-ผลการวัดตัวเลขดีๆ สวยๆ ก็เพื่อแค่ผลทางด้านการตลาด ของแบบนี้คงต้องใช้หูเราเองเป็นตัวตัดสินครับ คำตอบก็ง่ายมาก แค่ให้ตัวเรา

บอกว่าชอบแบบนี้หรือไม่ก็เท่านั้นเอง ไม่ใช่เรื่องของความถูกต้องทางเสียงนะครับ

Conclusions

ความยากของการ DIY เครื่องหลอด อย่างหนึ่งก็คือการหาหลอดคุณภาพดีๆ มาต่อเล่นให้ได้ การค้ากำไรถือเป็นอุปสรรคอันยิ่งใหญ่และมักจะขัดขวางต่อเสรีภาพในโลกของการ DIY เครื่องหลอด ฉะนั้นทางที่ผมเลือกที่อยากจะทดลองทำดู ยังมีอุปสรรคอยู่อีกมากมาย คำแนะนำในบทความจาก DIY Journal เล่นเก่าก่อน คำเขียนกล่าวในบทความของพี่ๆ หลายท่าน ที่ได้เขียนประสบการณ์การทำเครื่องหลอดกล่าวว่าไว้อย่างถูกต้องและน่าถือเอาเป็นแบบอย่างเสมอๆ หลายข้อความที่ผมจดจำไว้ และสามารถ

พิสูจน์ได้ถึงความเป็นจริงดังกล่าวด้วยตนเอง
 “Watt is Just a Number” / “Simple is the Best” / “เราต้องการทำแอมป์ก็เพื่อแค่เสพ
 งานดนตรีในแบบแนวทำนองที่เราชอบ หาได้
 ทำไว้เพื่อแค่จับผิดต่อรายละเอียดเสียงเพลง
 เล็กๆ น้อยๆ ที่เราหาจะได้ยินและใส่ใจไม่”
 ผมเองได้พยายามค้นหาความต้องการของ
 ตัวเอง พยายามลงมือทำเพื่อตอบสนอง
 ความต้องการให้จงได้ โลกของแอมป์หลอดนี้
 ช่างไพศาลจริงๆ ผมเองยังอยากหาหรือได้มี
 หลอดไว้ทดลองอีกมากมายหลายคู่ คัดรูตัว
 ร้ายอีกตัวของการทำ DIY คือ เน้นแค่การ
 สะสมหลอด เหมือนเก็บของโบราณ เกิด
 ความหวงแหนและละเอียดต่อการทำสิ่งที่ตนมี
 อยู่ให้เกิดประโยชน์ สิ่งที่ผมได้ทำยังเป็นแค่
 จุดเริ่มต้นเล็กๆ เท่านั้น หลากหลาย Idea
 อย่างมาก เกี่ยวกับเครื่องหลอดที่ตั้งใจแต่ยัง
 มิได้ลงมือกระทำ พวกหลอด Antique /
 Direct Heat Tube, Battery Tube, การใช้
 งาน Inter Stage, Hand Made Output
 Transformer, High Voltage Transmitting
 Tube SE Amp, etc. ชักวันคงจะมีโอกาสได้
 พบเจอกันแน่ๆ ครับ



The DHT Smooth



ขณะใช้งานใน System ของผมครับ

ท้ายสุด...

ผมต้องขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และ
 พี่ๆ DIYer ในกลุ่ม Thai AOTN ทุกๆ ท่าน ที่
 ผมได้เคยติดต่อเพื่อขอแลกเปลี่ยนข้อมูล,
 หลายท่านกรุณาแบ่งหลอดหายากๆ มาให้
 ผมทำทดลองเล่น, หลายท่านได้ให้ความรู้
 และได้ช่วยกระผมจรรโลงประสบการณ์ใน
 เรื่องวงจรหลอดๆ สิ่งต่างๆ เหล่านั้นทำให้ผม
 พัฒนามาจนถึงวันนี้ได้... ซึ่งผมเองยังคงต้อง
 ฝึกฝนเพื่อหาประสบการณ์อยู่อีกมาก
 แค่เพียงปีเดียวที่เข้ามายังห่างไกลอยู่มาก
 และผมเองยินดีที่จะถ่ายทอดสิ่งที่ได้รู้ได้ทำ
 มาอย่างหมดจดให้แก่ผู้สนใจ และเพื่อจุด
 ประกายแก่ DIYer รุ่นใหม่ๆ ที่เข้ามา ต่อๆ ไป
 ด้วยครับ

แล้วพบกันใหม่ครับ

DIY Man

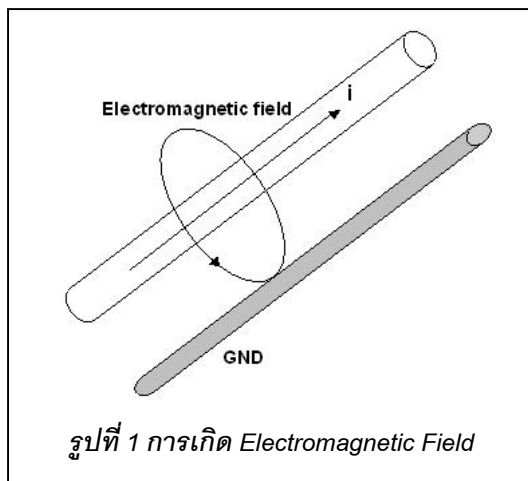
(amphol_ongrai@yahoo.com)

มาทำความเข้าใจกับ **IMPEDANCE** ในสายกันล่อ

Author: Karin Preeda

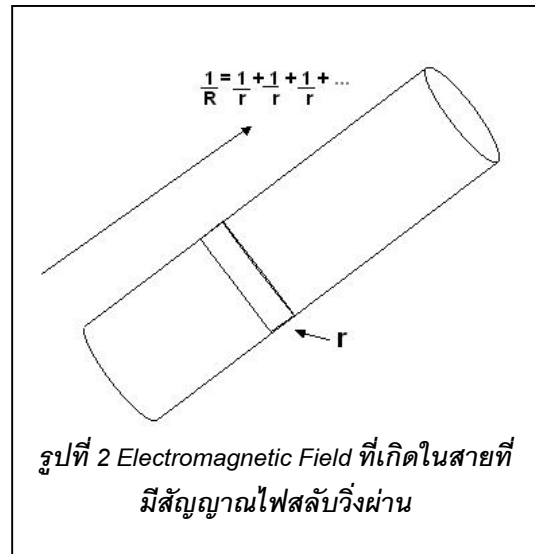
Impedance ในสายหมายถึงอะไร?

ถ้าจะพูดกันทั่วไปแล้วโลหะหรือสื่อนำไฟฟ้าทั่วไปจะมีค่าความต้านทานเสมอ โดยความต้านทานนี้มีค่าต่ำมาก ในการคำนวณค่าความต้านทานนั้น สูตรที่เรารู้จักกันดีคือ $R=V/I$ โดย R คือความต้านทาน V คือแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำหรือผ่านค่าความต้านทาน ส่วน I ก็คือกระแสที่ไหลผ่าน สูตรนี้ดูง่าย ๆ ในกรณีที่ใช้นำคำนวณค่าความต้านทานกระแสดตรง แต่ในโลกแห่งความจริงนั้น เราจะเจอกับกระแสสลับเท่านั้น ในช่วงความถี่ที่เราได้ยินเสียงนั้น (Audio Frequency) การส่งสัญญาณผ่านตัวนำสัญญาณจะเป็นไปได้ง่าย เพราะความถี่ต่ำๆ มีพลังงานจลน์น้อย สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำก็น้อย แต่เมื่อความถี่ของสัญญาณไฟฟ้ามากขึ้น สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการนำไฟฟ้า (Electromagnetic Field) ก็มากขึ้น (ดูรูปที่ 1)



จากรูปถ้าสมมติว่าตัวนำสัญญาณเป็นสายที่มี Shield หุ้มอยู่ Electromagnetic Field จะ Coupling สัญญาณลง Ground ดังรูป เพราะ

ฉะนั้นเมื่อเกิดการ Coupling ของสัญญาณไฟฟ้า ก็ต้องเกิดความต้านทานขึ้นมา ในที่นี้จะเป็นความต้านทาน AC หรือที่เราเรียกกันว่า Impedance ถ้าช่องว่างระหว่างตัวนำสัญญาณมีคุณสมบัติต่างกัน ค่า Impedance ที่ได้ก็จะต่างกันด้วย เช่น Impedance ของช่องว่างที่เป็นอากาศจะไม่เท่ากับที่เป็น PVC จากรูปที่ 1 เราเห็นว่ามีสนามแม่เหล็กแค่วงเดียวแต่เนื่องจากสัญญาณที่ผ่านตัวนำ เป็นสัญญาณ AC ดังนั้น Electromagnetic Field ของตัวนำสัญญาณจะมีลักษณะแบบรูปที่ 2



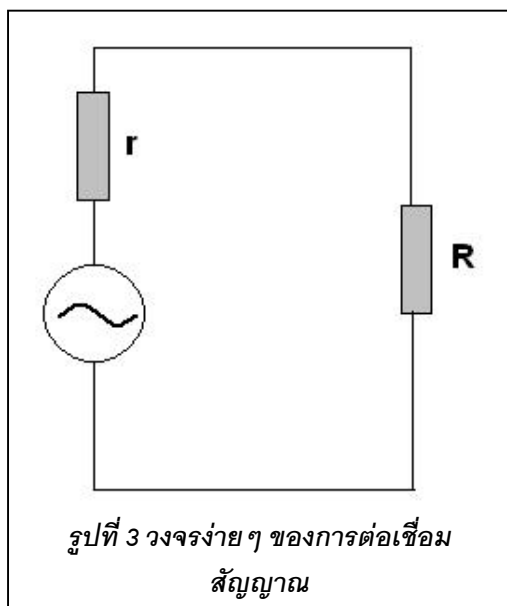
จากรูป สัญญาณทุกๆ Cycle จะเกิดค่า Impedance R ดังนั้นค่า Impedance รวมจะอยู่ในรูปของอนุกรมอนันต์

$$1/R = 1/r + 1/r + 1/r + \dots$$

จะเห็นว่าไม่มีเรื่องของความยาวของสายสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องเลย

แล้ว Impedance Matching มีไว้ทำไม?

ลองดูวงจรง่าย ๆ ในรูปที่ 3 รูปนี้แสดงการต่อเชื่อมสัญญาณอย่างง่าย สมมุติให้ทางต้นกำเนิดสัญญาณมี Output Impedance r เท่ากับ 50 Ohm ในขณะที่ Input Impedance ของภาครับสัญญาณเป็น R มีค่าต่างกันไป สัญญาณที่ต้องการจะส่งออกมีความแรง 10V เราจะได้ตารางแสดงการคำนวณ Efficiency ดังนี้



สัญญาณที่ต้องการจะส่งออกมีความแรง 10V เราจะได้ตารางแสดงการคำนวณ Efficiency ดังตารางที่ 1

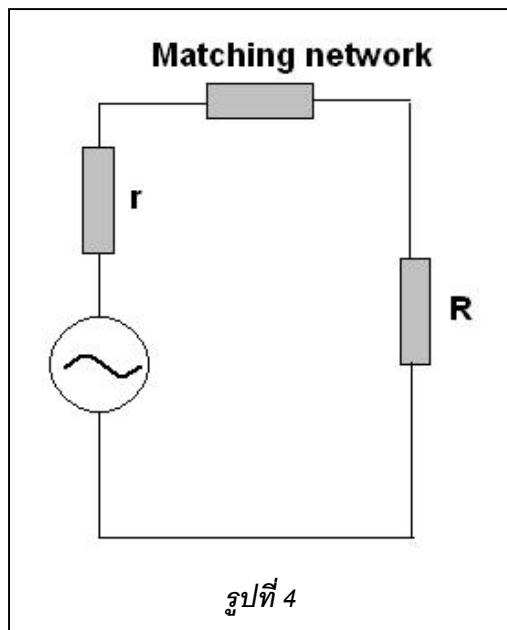
เป้าหมายของการส่งต่อสัญญาณก็คือ ต้องการส่งต่อกำลังให้ได้มากที่สุด จากรูปและตารางการคำนวณ กำลังที่เราสามารถจะส่งต่อได้มากที่สุด จะมีแค่ครั้งหนึ่งเท่านั้น เมื่อ Output Impedance และ Input Impedance มีค่าเท่ากัน เพราะฉะนั้นจะหมายความว่า ถ้าเราต่ออุปกรณ์สองตัวที่มีค่า Impedance ต่างกัน การส่งผ่านกำลังจะได้ไม่เต็มที่

ดังนั้น ในกรณีที่เป็นสัญญาณ Digital อุปกรณ์ต่างๆ เชื่อมต่อกันมี Input และ Output Impedance เท่ากับ 75 Ohm เมื่อต้องการที่จะส่งผ่านกำลังให้มากที่สุด จึงจำเป็นต้องทำการ Matching Impedance ด้วยสาย 75 Ohm ในที่นี้เราจะถือว่า Output Impedance ของทางด้านส่งจะเป็น 75 Ohm ส่วน Input Impedance ของด้านรับไม่รู้ว่าเป็นเท่าไร แต่การใช้สาย 75 Ohm จะทำให้ทางด้านส่งมองเห็น Impedance

Load Impedance	Output Impedance	Total Resistance	Voltage	Internal Voltage Drop	Available Voltage	Available Power	Efficiency (%)
10	50	60	10	8.3333333	1.6666667	0.2777778	16.66667
20	50	70	10	7.1428571	2.8571429	0.4081633	28.57143
30	50	80	10	6.25	3.75	0.46875	37.5
40	50	90	10	5.5555556	4.4444444	0.4938272	44.44444
50	50	100	10	5	5	0.5	50
60	50	110	10	4.5454545	5.4545455	0.4958678	54.54545
70	50	120	10	4.1666667	5.8333333	0.4861111	58.33333
80	50	130	10	3.8461538	6.1538462	0.4733728	61.53846
90	50	140	10	3.5714286	6.4285714	0.4591837	64.28571

ตารางที่ 1 แสดง Efficiency ของการต่อเชื่อมสัญญาณของวงจรในรูปที่ 3

รวมของด้านรับเท่ากับ 75 Ohm ดังรูปที่ 4



จากรูป สมมติว่า Impedance ภายในของด้านส่ง r เท่ากับ 75 Ohm ส่วนสายสัญญาณจะทำหน้าที่เป็น Matching Network เท่ากับ R ทำให้ด้านต้นกำเนิดสัญญาณมองเห็นด้านรับมี Impedance เท่ากับ 75 Ohm

ส่วนการทำ Impedance Conversion นั้นก็ใช้หลักการเดียวกัน คืออุปกรณ์ที่ทำ Conversion จะทำให้ทางด้านส่งมองเห็นด้านรับมี Impedance 75 Ohm แต่อุปกรณ์ด้านรับจะเป็น อุปกรณ์ประเภท 50 Ohm



ในเรื่องของ Terminator ซึ่งในงาน RF ก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะอุปกรณ์บางชนิด ถ้าทาง Output ไม่ต่อ Terminator จะทำให้สูญเสียสัญญาณ โดยเฉพาะงานสัญญาณที่มีความถี่สูงใน

ระดับ GHz ขึ้นไป ตัว Terminator จะทำให้ภาค Output ตรงนั้น (ในกรณีที่มี Output Impedance 75 Ohm) มองเห็นว่ามี Load 75 Ohm ต่ออยู่เสมอ ผมจำได้ว่าเคยเห็นโครงการ DIY อยู่โครงการหนึ่งที่เอาตัวต้านทาน 75 Ohm มาต่อกับช่อง Digital Output ของ CD เป็น Terminator ก็ต้องบอกว่า ช่อง Digital Out อาจจะไม่เห็นเป็น 75 Ohm เนื่องจากอุปกรณ์ Passive ทั้งหมดนั้น ในความถี่สูงๆ เป็นระดับ MHz ขึ้นไป การคำนวณค่า Impedance จะมีสูตรของมันเอง ไม่สามารถใช้ $R = V / I$ ของ DC ได้



2A3 อึกหนึ่งความรู้สึกดีๆ กับ Push Pull Amplifier

ผู้เขียน : อภินันท์ บุญทอง

ครั้งนี้ถือเป็นครั้งแรกของผมที่มีโอกาสได้เข้ามาเขียนใน DIY Journal Yearbook 2004 ฉบับนี้ ก็คงต้องขอขอบคุณ Art ที่ยังให้โอกาสผมเข้ามาเขียนอีก หลังจากที่ถูกผมหักหลังไปในฉบับที่แล้ว ตอนก่อนจะปิดเล่ม (ฮา...) แม้แต่ฉบับนี้ก็เถอะ เกือบจะไม่ทันเหมือนกันครับ

ที่ตั้งใจจะเขียนเรื่องนี้เพราะเห็นว่าตอนนี้ กระแสแอมป์หลอด Single Ended มาแรงเหลือเกิน ทั้งหลอดเล็กและหลอดใหญ่ บวกกับการที่ใช้อุปกรณ์ไม่มาก ต้นทุนต่ำ สร้างง่าย เลยคิดว่าหลายๆ ท่านอาจนำเสนอกันมาหลายโครงการก็ได้ เลยขอเสนอเป็นแบบ Push Pull ดูบ้างดีกว่า เป็นการฉีกแนว และอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของคนเล่นแอมป์หลอดก็ได้

พูดถึงแอมป์ Push Pull แล้วต้องขอบอกก่อนว่า ผมมีประสบการณ์ที่ค่อนข้างเลวร้ายกับมัน

มาโดยตลอด เริ่มต้นด้วยโครงการ EL84 ใน SDS Labs ที่เป็นแผ่นปริ้นท์ อดสูสำหนึ่งแกะวงจร ถอดอุปกรณ์ออกมา ประกอบสำเร็จ พอได้ฟังเสียงก็เริ่มถอดใจแล้วครับ เสียงที่ได้ฟังในตอนนั้น บอกได้คำเดียวว่าผิดหวังมาก ทั้งอัม ทั้งจืด เสียงแตกอีกต่างหาก ก็คงเป็นด้วยความอ่อนหัดของเราเองด้วยกระมัง ที่ทำมันออกมาได้ไม่ดีพอ แต่ก็ยังไม่ลดละความพยายาม ผมรื้อมันทิ้งทั้งหมด แล้วสร้างมันขึ้นมาใหม่ คราวนี้ลองต่อเป็นแบบ Hard wire เลยโดยใช้วงจรพื้นฐานเป็นแบบเดิม แต่ภาคจ่ายไฟผมได้ลองใช้หลอดเรกติไฟร์แทน ซึ่งก็นับเป็นครั้งแรกของผมที่ได้ใช้หลอดเรกติไฟร์ ตอนนั้นผมเลือกใช้ EZ81 ขนานกัน 2 หลอด ซึ่งก็เอาแบบมาจากวงจรของ Fisher จากเวปเดียวกันนั่นแหละ

ผลหรือครับ ดีขึ้นจากหน้ามือเป็นหลังมือเลยทีเดียว รู้สึกดีใจมากอย่างบอกไม่ถูก แม้ว่าจะ





ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก กับการปราบเสียงฮัมและจีให้หมดไป ยอมรับว่าถ้ามองย้อนกลับไปเวลานั้น ผมรู้สึกทำไมตัวเองช่างซ้อบ้ออะไรขนาดนั้น เดินสายอะไรก็ไม่เป็น ไม่รู้จักการเดินสาย ที่ถูกต้องเอาเสียเลย สมแล้วที่ทำแอมป์อะไรออกมาไม่ค่อยได้ดีซะที

ตัวต่อมาผมเริ่มมาเล่นหลอดที่ใหญ่ขึ้นอีกนิด คว้า 6L6GC Push Pull เป็นสิ่งที่ผมปรารถนามากในเวลานั้น วัตถุประสงค์ เบสแยะ เป็นสิ่งที่ผมต้องการที่สุด เลยเริ่มลองต่อดู และมาคราวนี้ผมก็ได้เรียนรู้ว่า การวางยา หมายถึงอะไร และผลลัพธ์มันเป็นอย่างไรมาก่อน คิดว่าฝรั่งมังค่าคงไม่หลอกเราหรอก หาซื้อไม่... ผมโดนไปเต็มๆ หลอดเข้าที่พุทพังคามือไป 4 หลอดรวด งานนี้แทบร้องไห้ครับ ตอนนั้นยังเรียนมหาวิทยาลัยอยู่ด้วย เงินก็ไม่ค่อยมี ครั้งนั้นผมแทบหมดอารมณ์กับการต่อแอมป์หลอดเลยทีเดียว

คราวนี้เลยหันมาเล่นแอมป์ SE ดีกว่า เจียมเนื้อเจียมตัวขึ้นเยอะ วัตถุประสงค์น้อยๆ ฟังเบาๆ รายละเอียด ระเบียบ ระเบียบ ตัวแรกก็ 6L6 อีกนั่นแหละครับ แต่มาคราวนี้สำเร็จครับ ออกมาได้ดีด้วย เรียกขวัญและกำลังใจกลับมาอีกเยอะเลย แอมป์ตัวต่อไปของผมจากนี้ต้องเป็น SE เท่านั้น ไม่ขอสัมผัส PP อีกเลย ผมตั้งใจเอาไว้อย่างนั้น

วันเวลาผ่านไปหลายปี จากการที่ผมไปงานอยู่กับแอมป์กีตาร์ และแอมป์ Hybrid ชะนนวนวกกับการสั่งสมประสบการณ์การต่อแอมป์ SE

เพิ่มเติมอีกหลายตัว ผมเลยกลับมาคิดว่าทำไมเราไม่กลับมาย้อนอดีตอันขมขื่น กับแอมป์ PP ดูบ้าง บางทีอาจจะเป็นที่ความด้อยประสิทธิภาพของเราเองซะมากกว่า ที่ทำได้ไม่ดีในตอนนั้น

ผมกลับมาเริ่มที่ 6BM8 Push Pull เนื่องจากเป็นหลอดผสม Triode-Pentode ที่ไม่ต้องยุ่งยากกับการหาหลอด Driver และเป็นการเริ่มต้นที่ประหยัดกว่า (จะได้เจ็บตัวน้อยหน่อย) เพื่อตอกย้ำความมั่นใจ ผมเลือกวงจรของ Mullard มาเป็นแม่แบบ แต่เลือกที่จะตัดภาค Gain Stage ภาคแรกทิ้ง โดยนำสัญญาณมาเข้าที่ภาคกลับเฟสที่ต่อเป็นแบบ Long Tailed Pair เลย เพื่อความเรียบง่าย เนื่องจากผมคิดว่าสัญญาณที่ออกมาจาก CD นั้นแรงเพียงพออยู่แล้ว

ตัวนี้สำเร็จครับ เสียงดีถูกใจผมมาก เลยจับมันไปลงโครงงานใน What Hi-Fi ซะเลย ใครที่ติดตามอยู่คงจะเห็นโครงงานนี้ ผ่านตาไปบ้างนะครับ

มาถึงตัวต่อไป ซึ่งถือว่าเป็นการกลับมาแก้มือใหม่ของเจ้าหลอด EL84 คราวนี้ผมจับมาออกแบบซะเอง เพื่อให้ได้ตรงกับความต้องการของตัวเองซะที ผมยังคงเลือกใช้ภาคกลับเฟสแบบ Long Tailed Pair เหมือนเดิม เนื่องจากถูกโฉลก



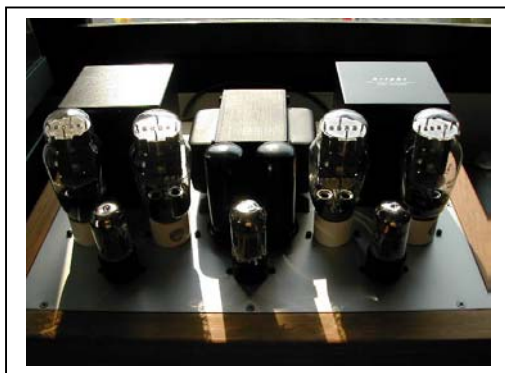
กับแนวเสียงของมัน ซึ่งแต่เดิมนั้นเป็นแบบ Split Load ธรรมดา ซึ่งเป็นอะไรที่ผมไม่ชอบเสียงของมันซะเลย มันใสๆ โปร่งๆ กลวงๆ ยังไงก็ไม่รู้ อันนี้เป็นความรู้สึกส่วนตัวผมเองนะครับ ไม่ใช่บทสรุปแต่ประการใดทั้งนั้นครับ

คราวนี้ก็สำเร็จแฮะ ชักเริ่มมีกำลังใจกลับมาอีกแล้ว จนในที่สุดก็มาถึงวงจรนี้จนได้ครับ (หลังจากที่ปั่นมานาน) คราวนี้ขอจับหลอดที่มีราคาค่อนข้างสูง (สำหรับผม) เลย นั่นคือ 2A3 นั่นเอง

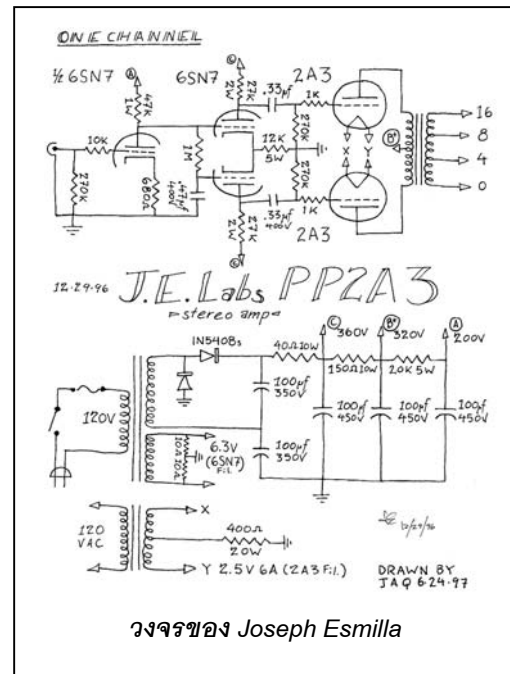
วงจรที่จะใช้กันในคราวนี้ ผมขอหยิบยืมของ Joseph Esmilla ใน J.E. Labs มาใช้หน่อยก็แล้วกันครับ เพราะดูแล้วง่ายดี เพียงแต่ผมขอเลือกใช้หลอดเรกติไฟร์มาทำหน้าที่แทนไดโอด และแก้ไขอุปกรณ์บ้างตัวบ้างเท่านั้นครับ

จากรูปวงจรเดิม จะมีจุดที่ผมไม่ค่อยชอบอยู่หลายจุดเช่น การใช้วงจรทวีแรงดันในภาคไฟสูง ซึ่งอาจจะดูประหลาดที่หม้อแปลงไฟสูง แต่ผมว่าเสียงของวงจรแบบนี้มันแข็งแรงๆ ยังไงก็ฟัง ไม่ค่อยชอบเท่าไร จุดต่อมาคือ ไม่มี Choke ในภาค Filter และสุดท้ายคือ ไม่ได้ใช้หลอดเรกติไฟร์

แต่จุดดีของมันก็มีอยู่บ้างก็คือไม่ได้ใช้ตัวเก็บประจุมาต่อคร่อมตัวต้านทานคาโอด ทั้งภาคหน้า และภาคเข้าที่พุทเลย ซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมา ถ้าไม่นับเรื่องเกนขยายที่มากกว่าและเข้าที่พุทอิมพีแดนซ์ที่ต่ำกว่า ผมชอบที่จะไม่ใช้ตัวเก็บประจุในตำแหน่งที่กล่าวมาข้างต้นนี้เลย ผมว่าการที่ไม่ใส่ตัวเก็บประจุ มันให้เสียงที่ Realistic ดีกว่า



เป็นธรรมชาติดีกว่า แต่ก็จะอ่อนในเรื่องของรสชาติไปบ้าง ก็คงขึ้นอยู่กับการปรุงแต่งของแต่ละคนละครับ

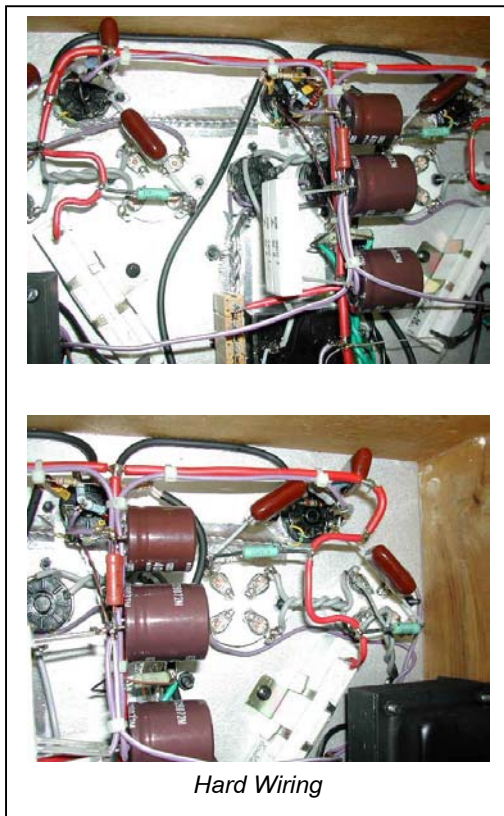


วงจรของ Joseph Esmilla

ผมเลยขอจับมันมาวาดวงจรเสียใหม่ตามสไตล์ของผมเอง โดยเปลี่ยนมาใช้หลอดเรกติไฟร์ แต่ยังคงที่จะไม่ใช้ Choke อยู่ เพราะเนื่องจากในมือตอนนั้นไม่มี Choke อยู่ใน Stock เลยครับ แต่ก็ยังทิ้งกับความเสถียรภาพของวงจร ที่แม้ใช้แค่ตัวต้านทานธรรมดาๆ มาทำหน้าที่ Filter แทน ก็ยังให้ความเงียบเป็นที่น่าพอใจ แบบที่ต้องเอาหูไปแนบลำโพงแบบชิดๆ จริงๆ จึงจะได้ยินเสียงฮัมเล็กๆ ออกมาบ้างเท่านั้นเองครับ

หลอดที่ทำหน้าที่ขยายทั้งหมดของแอมป์ตัวนี้ ผมยกให้เป็นหน้าที่ของ ElectroHarmonix ครับ เนื่องจากผมอยากได้หลอดผลิตใหม่ เพื่อลองดูว่าคุ้มค่าต่อการเลือกใช้หรือไม่ และถึงแม้จะเป็นหลอดรัสเซียก็ตาม แต่ผมว่ามันให้เสียงที่ค่อนข้างดีกว่าหลอดรัสเซียยี่ห้ออื่นๆ ด้วยกัน ส่วนหลอดเรกติไฟร์เบอร์ 5T4 ตกเป็นของ RCA ครับ ผมค่อนข้างชอบหลอดเบอร์นี้เป็นพิเศษ เพราะให้เสียงที่ค่อนข้างจ๋า หวานกว่า ถ้าเทียบกับพวก 5R4 หรือ 5U4

การเดินสายก็ควรต้องเป็นการ Hard wiring อย่างแน่นอน เพื่อความเป็นสุดยอดของเสียง จะเห็นว่าผมใช้สายไฟแกนเดี่ยวขนาดใหญ่ 4 มม. มาทำหน้าที่เป็น Ground Bus ให้กับวงจรหลายๆ ทานชอบการต่อแบบ Star Ground ที่มักนิยมทำกันในแอมป์ Solid State แต่ผมกลับไม่ชอบมันเท่าไร ซึ่งนอกจากเปลืองสายไฟแล้ว บางครั้งผมกลับพบว่า การต่อแบบ Ground Bus ก็เทียบกว่า Star อยู่เหมือนกัน อันนี้ก็ต้องไปลองดูกันเองนะครับ แต่ทั้งสองแบบก็ต้องต่อลงแทนที่จุดๆ เดียว ใกล้แหล่งจ่ายไฟ อันนี้สำคัญกว่าแน่นอนครับ



หม้อแปลงเข้าที่พุท สามารถใช้ได้ตั้งแต่ 5K P-P ไปจนถึง 7K P-P ถ้าชอบแนวโปร่งๆ ก็เลือกตัวแรก ชอบแบบหนักแน่นให้เลือกตัวหลัง

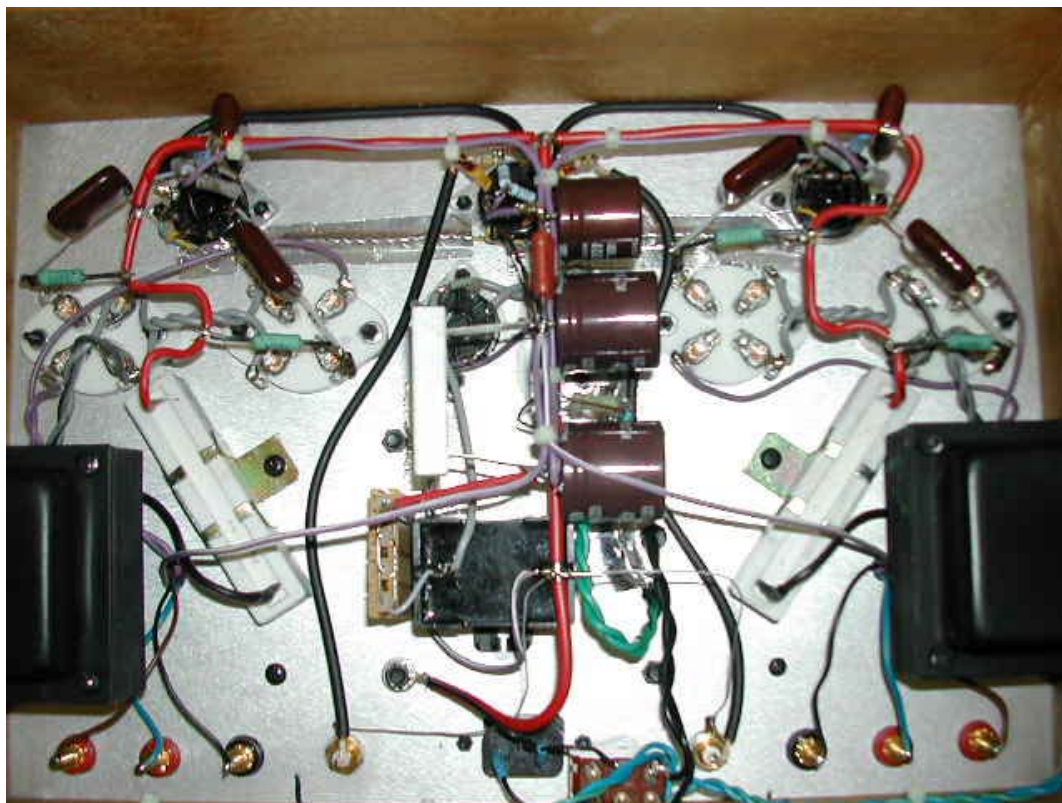
เรื่องงานตัวถ่วงนั้นเป็นยาขมหม้อใหญ่ของผมเลยทีเดียว เนื่องจากผมเป็นคนที่ไม่ค่อย

สันทัดด้านช่างไม้ ช่างโลหะสักเท่าไร ถ้าให้ทำแบบพอถูกโลกก็พอได้อยู่ แต่ถ้าจะเอาสวย แบบใครเห็นต้องเหลียวมอง อันนี้ต้องพึ่งมืออาชีพแล้วละครับ งานนี้ยากเอาสวย เลยต้องพึ่งมืออาชีพหลายคนหน่อย กว่าจะได้มาเป็นตัวแบบในรูป ก็เล่นเอานานอยู่เหมือนกัน กล้องที่เห็นเป็นกล้องไม้สักอย่างหนา ส่วนอลูมิเนียมก็ขัดและชุบอินโดซ์อย่างดี เพื่อให้สมกับความสง่างามของหลอด 2A3 นั่นเอง

ท้ายสุดก็คงมาว่ากันเรื่องเสียง วินาทีแรกที่ได้ยินเสียง ต้องบอกคำเดียวว่า แตกต่างไปจากแอมป์ Push Pull ตัวอื่นๆ ที่เคยทำมาอย่างเห็นได้ชัด ความสะอาดและรายละเอียดของเสียงถือได้ว่าเป็นจุดเด่นที่สุดของแอมป์ตัวนี้ ไม่แน่ผลอะไร แอมป์ SE บางหลอดอาจให้ไม่ได้เสียด้วยซ้ำไป ตอนแรกที่ฟังยังตกใจอยู่เลยว่าความต่อเนื่อง ลื่นไหลของมันแทบไม่แตกต่างไปจากแอมป์ SE เท่าไรนัก ย่านเสียงกลางยังคงให้ความหวานตามแบบฉบับของ 2A3 อยู่แล้ว แต่อาจจะไม่โดดเด่นเทียบเท่า 2A3 SE ที่เคยทำมาก่อน

แต่ที่ดีกว่าแอมป์ SE แบบอื่นๆ แน่ๆ คือเรื่องของพละกำลังขนาดประมาณ 8 วัตต์ของมันนั้น สามารถขับลำโพงทั่วๆ ไปได้อย่างไม่มีปัญหา แถมให้เสียงที่อึม แฉ่น ไม่แพ้แอมป์ Solid State ขนาด 50-60 วัตต์ เลยทีเดียว ดังนั้นทางเลือกของคนที่ยากเล่นแอมป์หลอด แต่ไม่ยากเปลี่ยนลำโพงเป็น Full Range ก็ต้องมาคบกับแอมป์แบบ Push Pull นี้แหละครับ

ถ้าจะให้ผมเปรียบเทียบกับแอมป์ Push Pull อื่นๆ ที่เคยทำมา ต้องยอมรับครับว่า ผมชอบเจ้าตัวนี้มากที่สุด ตระกูล EL ทั้งหลายยังห่างชั้นครับในด้านน้ำเสียง แต่ถ้าจะเอาดังก็อีกเรื่องหนึ่ง และแม้ว่าจะเป็นหลอดรัสเซีย ก็สามารถให้เสียงที่ได้เช่นกัน



Hard Wiring



ใครคิดจะสร้างแอมป์นี้ควรระวังเรื่องการระบายความร้อนเอาไว้ด้วย ควรเจาะรูระบายความร้อน รอบๆ หลอดเอาไว้ด้วยจะดีกว่า เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนมาก จะเป็นตัวสร้างความร้อนออกมา

มากเกินไปที่ผมคิดไว้ที่แรกอยู่พอสมควร ในตัวต้นแบบนั้น เปิดทิ้งไว้สักชั่วโมงนึง ก็เริ่มจับตัวถึงที่เป็นอุณหภูมิไม่ค่อยได้แล้ว เรียกได้ว่าเป็นฮีตเตอร์ย่อมๆ ดีๆ นี่เอง แต่ผมก็ลองเปิดทิ้งไว้ทั้งวัน แอมป์ก็ทำงานด้วยการจับไปไว้ตรงหน้าต่างให้แดดส่องแล้วเปิดเพลงเล่นไปด้วย ห้องที่ฟังก็ไม่ได้ติดแอร์ ผลปรากฏว่า เครื่องก็ยังคงทำงานได้เป็นปกติดี ทำวันนี้ผมคงจบลงด้วยความรู้สึกที่ดีๆ กับแอมป์ Push Pull ที่หลายๆ คนอาจมองข้ามไปเหมือนผมในอดีต ความรู้สึกอดีตที่เคยมีนั้น ตอนนั้นแทบจะหมดไปจากหัวผมแล้ว ยกเว้นอย่างเดียวคือค่าหลอดที่ต้องเพิ่มขึ้นมาอีกกว่าเท่าตัวเมื่อเทียบกับแอมป์ SE แต่ก็เพื่อแลกกับกำลังวัตต์ที่สูงขึ้นนั่นเอง และหวังว่าบทความนี้คงจะมีประโยชน์กับผู้ที่ยังมีความลังเลในการเลือกแอมป์หลอดที่เหมาะสมกับตัวเองได้บ้างพอสมควรนะครับ...

ขอบคุณและสวัสดีครับ

Rebuilt

My First Valve Amp



รูปแอมป์ด้านบน 1

คำนำ

สวัสดีครับ เพื่อนๆ ทุกท่าน เมื่อประมาณ ต้นปี 46 เริ่มสนใจเรื่องหลอดจึงเสาะแสวงหาความรู้เรื่องหลอด เพื่อที่หวังจะทำแอมป์หลอดสักตัว ซึ่งทุกวันนี้โลกไร้พรมแดนเราสามารถหาความรู้ได้ง่ายขึ้นจากทั่วโลก ผ่านทาง Internet ทำให้เราได้ข้อมูลมากกว่าเมื่อก่อนหลายเท่า สำหรับแอมป์หลอดตัวแรก ผมเลือกที่จะทำ SE 6L6GC 6.5 watt (บทความในหนังสือรวมเครื่องเสียงแอมป์หลอดของซีเอ็ดบุคส์) ซึ่งคิดว่าหลายๆ คนก็เริ่มต้นที่แอมป์ตัวนี้ จำได้ว่าทำเสร็จก่อน SOD7 ไม่ถึงสัปดาห์ ฟังได้อยู่ประมาณ 5-6 เดือน พอดีไปได้ Pioneer SX-34 สภาพเอาเรื่องพอควร มีทั้งภาค Tuner AM/FM และภาค Amplifier เป็นหลอด 6BM8 Push Pull ตอนแรกที่ซื้อมากะว่าจะแกะเอาทำเป็นอะไหล่ ตอนแรกลองเสียบปลั๊กไฟให้หลอดติดทุกตัวแต่เมื่อเปิดทิ้งไว้สักพัก Plate ของ 6BM8 จะเริ่มแดงจาวกับเหล็กที่เพิ่งออกจากเตาหลอม ก็ไม่ทราบเป็นเพราะอะไร แต่ด้วยความบังเอิญวันหนึ่งไปได้อ่านบทความใน Internet เรื่องเกี่ยวกับการซ่อมแอมป์

ผู้เขียน : สุรัชย์ เกิดเมฆ

หลอด Sansui 500 ซึ่งมีอาการคล้ายกันโดยเค้าบอกว่าเค้าเปลี่ยนตัว C Coupling เสียใหม่เพราะว่าพวกนี้เมื่อใช้ไปนานๆ มันมักจะรั่ว ดังนั้นผมก็กลับมาเปลี่ยนตัว C Coupling บ้าง ปรากฏว่าอาการ Plate แดงหายสนิทเลย ทำให้ผมได้ปลุกเจ้า Pioneer SX-34 ให้กลับมาทำงานอีกครั้งและใช้ฟังเพลงแทนเจ้า 6L6GC จนเกือบจะลืมนั่นไปเลย เมื่อได้ทราบว่าคุณ Art จะทำ DIY Journal Yearbook 2004 ผมจึงคิดว่าถึงเวลาที่เรจะต้องลุกขึ้นมา “คิดใหม่ทำใหม่” เจ้าแอมป์ตัวนี้สักกะหน่อยแล้ว



รูปบรรดาหลอดทั้งหลาย

แนวทางที่จะทำการ Modify มีอยู่ 3 อย่าง ดังนี้

1. เปลี่ยน Self Bias ที่ภาค Pre ไปใช้ถ่านชาร์ต 1.25V แทน
2. เปลี่ยนภาค Rectifier จากเดิมเป็นไดโอด เปลี่ยนเป็นใช้หลอด rectifier แทน
3. เพิ่มความสวยงามโดยใส่ VU โดยใช้หลอดตาแมว (ตามบทความใน Valve Magazine)

หลักการทำงานสามารถหาอ่านได้ในหนังสือรวมเครื่องเสียงแอมป์ของซีอีดับเบิลยู (หรือวารสารเซมิกอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ เล่มที่ 112) จะไม่ขอก้าวในที่นี้ครับ โดยวงจร SE 6L6GC 6.5 Watt เป็นแบบ Single amp ใช้หลอด 12AX7 เป็นภาค Pre และหลอด 6L6GC เป็นภาค Power Amplifier ผสมดัดแปลงดังนี้

-

The diagram shows a vacuum tube (EABC80) configured as a voltage divider. The input is 260V, which is divided by two 10K resistors. The output is connected to Ch. 2. The tube's pins are connected to various components: Pin 9 to 220K resistor, Pin 8 to 470K resistor, Pin 7 to 22uF capacitor, Pin 4 to 1K resistor, Pin 5 to 100nF capacitor, Pin 1 to 120nF capacitor, Pin 2 to 1M resistor, Pin 3 to 120nF capacitor, Pin 6 to 470K resistor, and Pin 7 to 470K resistor. The tube is labeled EABC80 and EM84.



รูปการต่อวงจรแอมป์ด้านล่าง

ผมได้เคยวัดโวลต์ที่จุดต่างๆ ตอนใช้ไดโอดและหม้อแปลง 250-0-250V เมื่อเปลี่ยนใช้หลอดและหม้อแปลง 350-0-350V ก็ Adjust ค่าตัวต้านทานที่ภาคไฟสูงให้ได้ค่าโวลต์ตามเดิม สำหรับตัว C ที่ต่อคร่อมหลอด ผมใช้ 20uF 500 v ซึ่งเขามีเตอร์วัดคร่อมตัว C ตอนเปิดสวิทช์ตอนแรก ไฟมันจะแกว่งไปมาพักสักก่อนจะคงที่ โดยช่วงแรกไฟมัน Swing ขึ้นไปสูงสุดที่ 460V (ล้นมากกลัวมันเกิน 500V) ถ้าหากใช้หม้อแปลงสัก 400-0-400V คงต้องหา ตัว C ที่รับโวลต์สูงๆ กว่า นี้ ซึ่งจะหายากมากและราคาแพงมาก

3. ความสวยงามโดยใส่ VU โดยใช้หลอดตาแมว ซึ่งเคยอ่านจากบทความใน Valve Magazine เป็นบทความทาง Internet จึงค่อยๆ เริ่มเสาะหาหลอดจนครบคือหลอด EABC80 และ EM84 โดยหลอด EABC80 อาจจะใช้ PABC80 แทนได้แต่จะยุ่งยากเพราะหม้อแปลงผมไม่มีไฟเลี้ยงไส้หลอดเพื่อ PABC80 ถ้าจะใช้จริงๆ ก็ต้องพันหม้อแปลงไฟใหม่ ดังนั้นผมจึงใช้ EABC80 & EM84 ซึ่งใช้ไฟไส้หลอด 6.3V สรุปว่า หลอดที่ใช้ใน Project นี้ ใช้ไฟไส้หลอด คือ 5.0 และ 6.3V เท่านั้น



รูปแอมป์ด้านหลัง 1



รูปแทนไฟ Power และไส้หลอด

ขั้นตอนการสร้าง

ผมแยกแทนไฟสูงและไฟไส้หลอดออกต่างหากจากตัวแอมป์ เพราะว่าเผื่อจะได้สามารถเอาไปใช้กับโครงการอื่นๆ ได้อย่างสะดวก (เพราะพวกเราคือ DIY ชอบทดลองหลอดอื่นๆ เสมอ) สำหรับหม้อแปลงผมสั่งพันไว้หลายค่าดังนี้

1. 2.5V กระแส 2.5A
2. 5.0V กระแส 4.0A
3. 6.3V กระแส 6.0A
4. 25V กระแส 1.5A
5. 350-0-350V กระแส 0.3A



รูปแอมป์ด้านบน 3





รูปแอมป์ด้านหลัง 2

สำหรับตัวแทนไฟ ตัวเฟรมผมใช้ไม้ฉำฉา แล้วใช้อลูมิเนียม 5 mm วางบนแท่น จุดรูยึด Jack ไฟ โดยแยกเป็น 1 Jack ต่อ 1 ค่าโวลต์ไฟ แล้วเจาะรูใส่ Nut ยึดหม้อแปลง ใส่วิธีและฟิวส์

สำหรับตัวแทนแอมป์ ตัวกรอบผมทำมาจากหิ้งพระนำมาดัดแปลงเนื่องจากสมัยนั้นเพิ่งเข้าสู่วงการไม่รู้เค้าทำกรอบกันอย่างไร แล้วใช้อลูมิเนียมวางบนแท่นเจาะรูใส่ Socket ต่างๆ (ยังจำได้ว่าเมื่อสมัยก่อนตอนตะไบรูเพื่อใส่ Socket หลอด) เมื่อ Project เสร็จ ดูแล้วชอบมาก เพราะดูแล้วหลอดมันเยอะดี ทำให้เพลินทั้งหูและเพลินทั้งตาตอนมองหลอด EM84 ขยับขึ้นๆ ลงๆ ตามเสียงเพลง

สวัสดิ์ครับ

สุรัชย์ เกิดเมฆ

(ขอขอบคุณบริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด ที่เอื้อเฟื้อรูปวงจร)



รูปแอมป์กำลังทวนเพลง

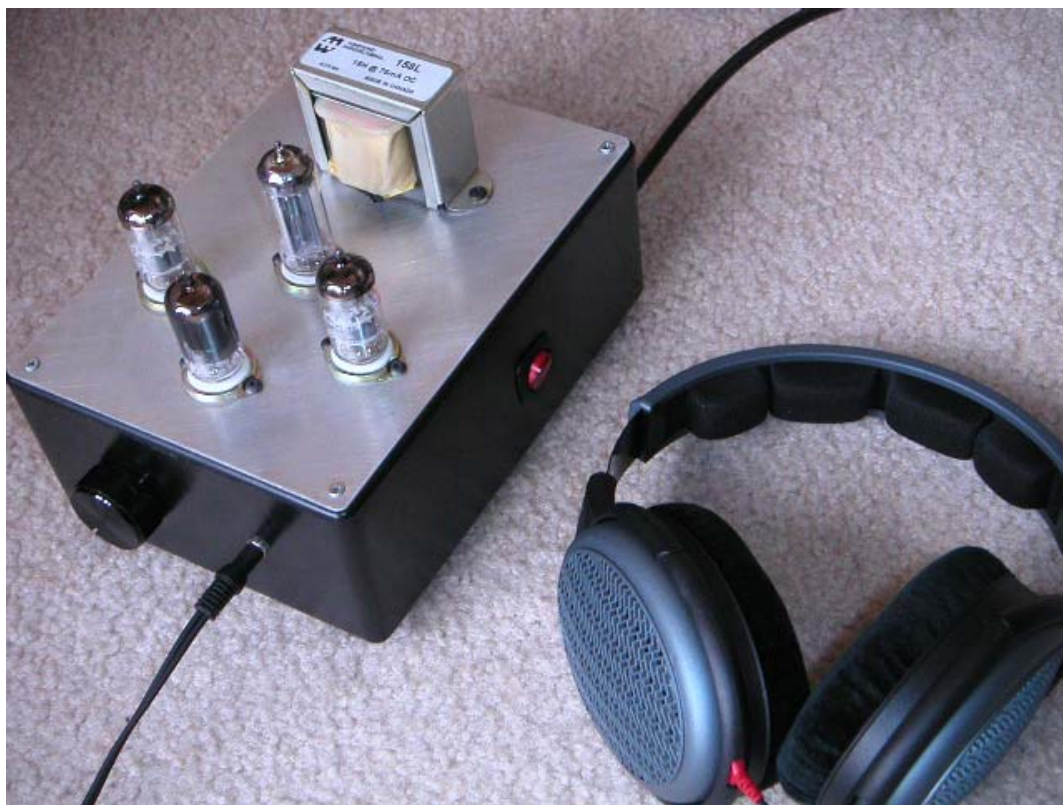
DIY HEAD AMP OTL

ผู้เขียน : เอมอานัญ พงษ์ไพโรจน์

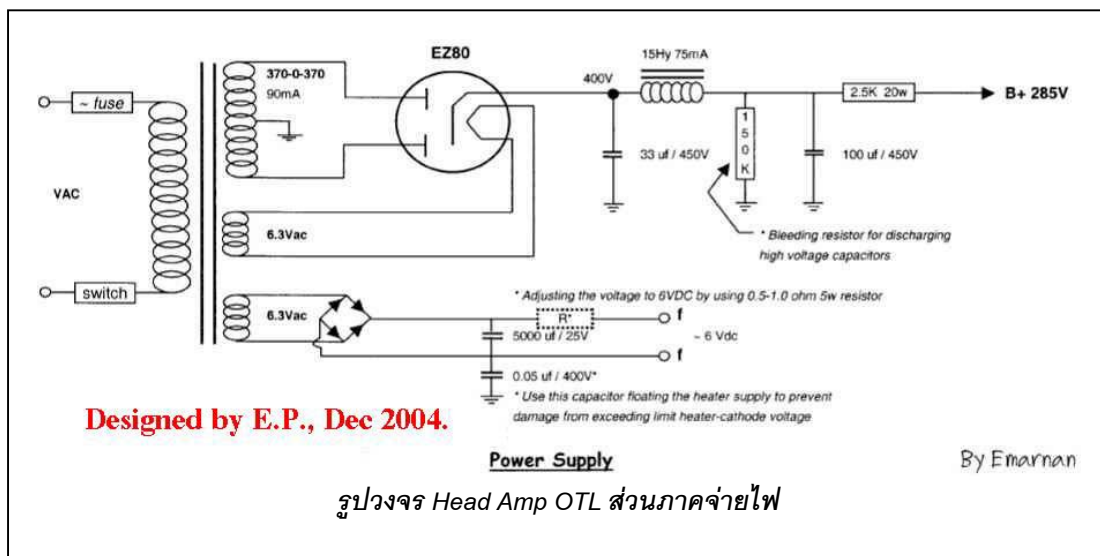
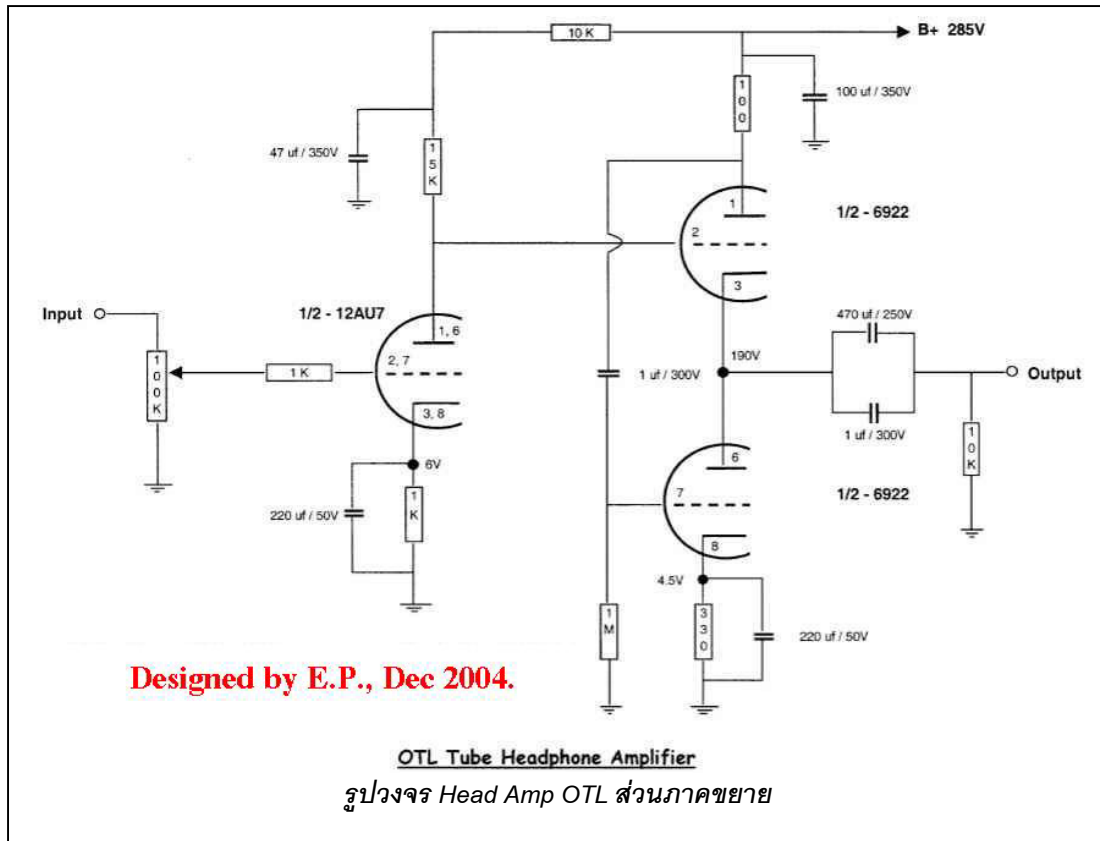
สวัสดีครับ เป็นแฟน DIY อ่าน Yearbook กับ Email ในกลุ่ม ThaiAOTN มากันนาน คราวนี้ขอลองเขียนบ้างก็แล้วกันครับ หวังว่าจะเป็นประโยชน์กับเพื่อนๆ มือใหม่บ้างไม่มากก็น้อยนะครับ วันนี้ผมขอนำเสนอ Output Transformerless Tube Headphone Amplifier เนื่องจากว่าผมอยากได้หูฟังกับแอมป์ที่มีคุณภาพดี ไร้ฟังในยามค่ำคืนหรือเวลาส่วนตัว ที่ไม่ต้องการให้รบกวนผู้อื่นที่สำคัญ Head Amp ตัวนี้ต้องประกอบด้วยหลอดและต้อง DIY อีกเหตุผลหนึ่งก็คือ ผมมีอุปกรณ์คุณภาพดีจำพวก Capacitor, Resistor, Transformer กับพวกหลอดที่เหลือเก็บไว้ มีทั้งแบบมีคู่และแบบไม่มีคู่เหลืออยู่พอสมควร จึงหาโอกาสที่จะนำ

อุปกรณ์เหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์

มาเริ่มกันเลยดีกว่าครับ เริ่มจากหาหูฟังก่อน ผมกำหนดไว้ว่าหูฟังที่ผมซื้อนั้น ต้องใส่สบายแบบว่าเสียงดีแต่ใส่แล้วเจ็บหู ไม่เอาครับ หูฟังนั้นต้องขับง่าย คือมี Impedance ปานกลางถึงสูง คุ่มราคาไม่แพงจนเกินไป เสียงต้องดี (อันนี้คงต้องอ่านจาก Review เอาครับ) สรุปผมจึงได้ Sennheiser HD580 ซึ่งมี Impedance ปานกลางที่ 300 Ohms รู้สึกว่าจะใช้ Diaphragm ตัวเดียวกับรุ่น HD600 ซึ่ง Review ออกมาค่อนข้างดี จึงตัดสินใจ Bid บน eBay ได้มาในราคา \$120

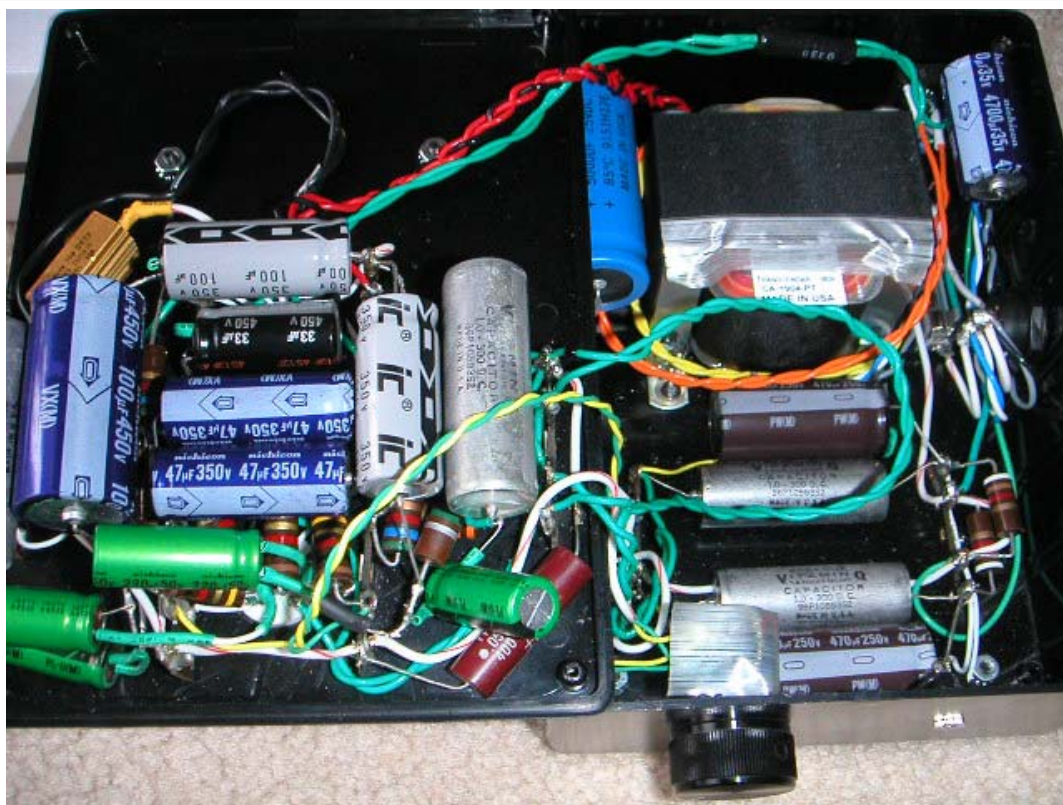


Head Amp OTL และ Sennheiser HD580 ของผม



ผมคิดว่าการสร้าง OTL แอมป์ตัวนี้ ก็เหมือนการสร้างปริแอมป์ที่มี Gain ขยายสูง น้อยตัวหนึ่งเท่านั้นเอง ส่วนวงจรที่จะใช้นั้น ผมกำหนดไว้ว่าต้องมี Output Impedance ที่ต่ำ เพื่อความ Matching กับหูฟัง และวงจรควรจะต้อง มีกระแสไหลที่ Output Stage มากพอที่จะขับหูฟัง ของผมได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ ดังนั้น

ผมจึงเลือกใช้ The White Cathode Follower ใน Output Stage ซึ่งทำงานในลักษณะคล้ายกับ Push-Pull เามาดัดแปลงให้เหมาะสมกับหลอดที่ ผมจะนำมาใช้ โดยผมใช้ 6922 หรือจะใช้ 6DJ8 ECC88 ก็ได้ครับ ส่วน Driver Stage นั้นเป็น Normal Plate Loaded โดยใช้หลอด 12AU7 เป็น Gain Tube รู้สึกว่าวงจรลักษณะนี้จะใช้ใน



การเดินสายและต่อวงจร Head Amp OTL ของผม

EarMax Headphone Amp ซึ่งมีราคาแพงมากด้วยครับ เพียงแต่เขาใช้หลอดเบอร์ต่างกันเท่านั้นเอง ผมจึงเริ่มสร้างแอมป์ตัวนี้ โดยกล่องที่ได้มามีขนาด 5"x7"x3" ซึ่งอาจจะค่อนข้างเล็กไปนิด มีเนื้อที่ค่อนข้างจำกัด จึงจำเป็นต้องวางแผนล่วงหน้าว่าจะวางอะไรไว้จุดไหน ผมว่าจุดนี้เป็นจุดที่ยากที่สุดแล้วครับ เพราะต้องระวังเมื่อเวลาปิดกล่องแล้ว ควรจะมีระยะที่ปลอดภัย เพื่อที่จะไม่ให้จุดที่เปลี่ยนแต่ละจุดโดนกันได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายหมดสนุกไปก่อนครับ เพื่อไม่เป็นการทรมานหลอดเกินไป ผมกำหนด Plate Voltage ของ 12AU7 ไว้ที่ประมาณ 240V และ Run กระแสที่ประมาณ 6-7mA ใน Driver Stage ส่วนสำหรับ 6922 นั้น Plate Voltage ที่ประมาณ 280V ส่วนกระแสนั้น Run มากหน่อยที่ประมาณ 14-15mA ที่กล่าวมานี้คือต่อ Channel นะครับ สำหรับ Output Coupling Capacitor

ที่ผมใช้นั้นเป็น Nichicon รุ่น Low ESR High Reliability ตรงนี้ควรใช้ของดีหน่อยครับ เพราะถ้าเกิดไฟ DC รั่วขึ้นมา หูฟังราคาแพงนั้นกลับบ้านเก่าอย่างแน่นอน ส่วน Resistor นั้นผมใช้แบบ Carbon Composition ของ AB (Allan-Bradlay) ซึ่งควรจะมีขนาดอย่างน้อย 1 Watt ขึ้นไปครับ

สำหรับภาคจ่ายไฟ เนื่องจากหม้อแปลงของผมนั้นมีอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่มีไฟสูงมากเกินความจำเป็นแต่เนื่องจากผมไม่อยากจะซื้อใหม่ จึงจำเป็นต้องคิดที่จะลด B+ ให้ได้ตามต้องการ เริ่มจากใช้หลอด 6V4 หรือ EZ80 เป็น Rectifier เพราะถ้าใช้ Diode แทนนั้น Voltage จะ Drop ไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ต่อจากนั้นผมก็หา Choke ที่มี DCR สูงที่สุด ในค่า Inductance ที่เหมาะสม และใช้ Bleeding Resistor ที่มีค่าน้อยลงหน่อย ชัก 150k 3W ก็พอครับ ก็สามารถช่วยลด Voltage ลงได้อีก สุดท้ายผมจึง



Head Amp OTL Ready to sing



หลอดที่ใช้กับ Head Amp OTL ตัวนี้

ใช้ Wire Wound Resistor ขนาด 2.5K 20W ก็จะได้ค่า B+ ประมาณ 285-290V ที่ต้องการ ซึ่งจุดนี้เพื่อนๆ สามารถใช้หม้อแปลงขนาดที่เหมาะสมได้ ก็จะดีกว่าครับ สำหรับให้หลอดนั้น ผมใช้ไฟ DC เพื่อต้องการไม่ให้ Hum ครับ ระวังเรื่อง

Heater-to-Cathode Voltage เกิด Limit ด้วยนะครับ ซึ่งผมใช้ C ขนาด 0.05uF ใส่คั่นระหว่าง Ground เข้าไปเพื่อ Floating ให้หลอดครับ

หลังจากต่อเสร็จควรเช็คทุกจุดอีกครั้ง ก่อนที่จะเสียบหูฟัง สำหรับของผมแล้ว ครั้งแรกที่ได้ฟังนั้น ค่อนข้างฟังครับ ไม่คิดว่ามันจะออกมาดีขนาดนี้ (สงสัยหูฟังจะดี) Volume Control อยู่แค่ 10-11 โมงก็ดังมากจนหูเริ่มชาแล้วครับ เบสค่อนข้างเป็นลูก แลมนใสจ๋า และ Warm สไตล์หลอดให้ความรู้สึกเหมือนฟังเครื่องเสียงหนักๆ ชักชุดในรถยนต์ แต่คงไม่สามารถเอาไปเปรียบเทียบกับเครื่องฟังเครื่องเสียงบ้านได้ เพราะเป็นคนละสภาพและบรรยากาศกันครับ....

E.P.

"Tubes are not for everybody... but they are cool for most... somewhere in your system"

Kevin Deal

THE MOJO

VT-52 Single-ended Triode Amplifier

ผู้เขียน : เอมอานัญ พงษ์ไพโรจน์

สวัสดีครับ จุดเริ่มต้นแอมป์ตัวนี้มาจาก
แอมป์ 6L6GA SE ตัวเก่าที่ผมทำไว้นานแล้ว
ฟังมาได้ซักพักใหญ่แล้วมันก็เริ่มเบื่อครับ จึงคิด
อยากจะลองเปลี่ยนเป็น DHT SE Triode กำลังซัก
2-3 Watts โดยไม่ต้องดัดแปลงอะไรมาก พอที่ผมมี
หม้อแปลง 6.3V 1.2A เก็บอยู่คู่หนึ่ง จึงหาโอกาสที่
จะนำมาใช้ โดยใช้ Chassis ตัวเดิมซึ่งเป็นหีบกล่อง
ไม้ที่ชาวบ้านเขาขายทิ้งแล้ว (ไปแอบเก็บมา... ฮา)

ส่วนอุปกรณ์ภายในก็ใช้ระดับคุณภาพ
ปานกลาง เช่น Capacitor เป็นรุ่นพวก Low ESR
จะมีก็ Coupling Cap ที่เป็นของ Jensen
Aluminum PIO, Resistor ส่วนมากนั้นก็จะเป็นของ

AB (Allan-Bradley) ส่วน Cathode Resistor
ใช้ของ Dale ขนาด 25W, Volume Control ใช้ของ
ALPs Blue 21 Steps, Power, Output
Transformer กับ Choke นั้นใช้รุ่นราคาถูกของ
Hammond ทั้งหมด ซึ่งผมว่าพอใช้ได้ครับ
ไม่ได้ถึงกับแย่มาก อนาคตอาจจะหา Output
Transformer ดีๆ ซักคู่ก็พอแล้ว ส่วนค่าของ
อุปกรณ์ต่างๆ ที่ผมใช้ ก็ไม่ได้ตายตัวอะไร
สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของแต่ละ
ท่าน แต่สำหรับผมแล้ว ผมใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ใกล้
มือ จึงไม่จำเป็นต้องไปหาซื้อเอาใหม่

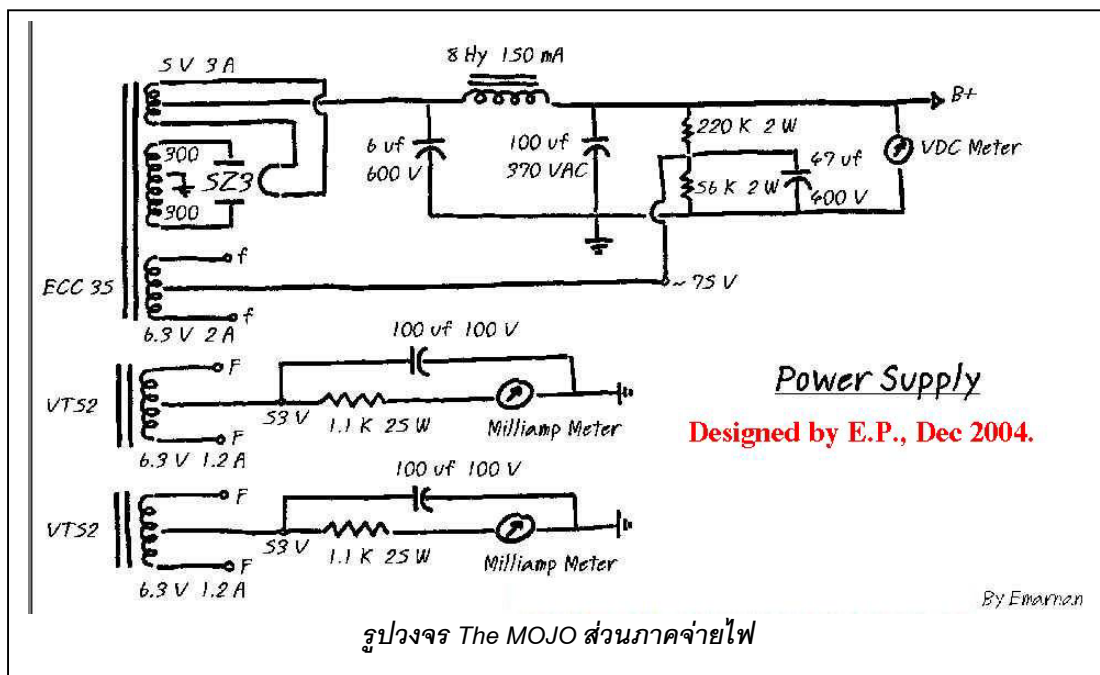
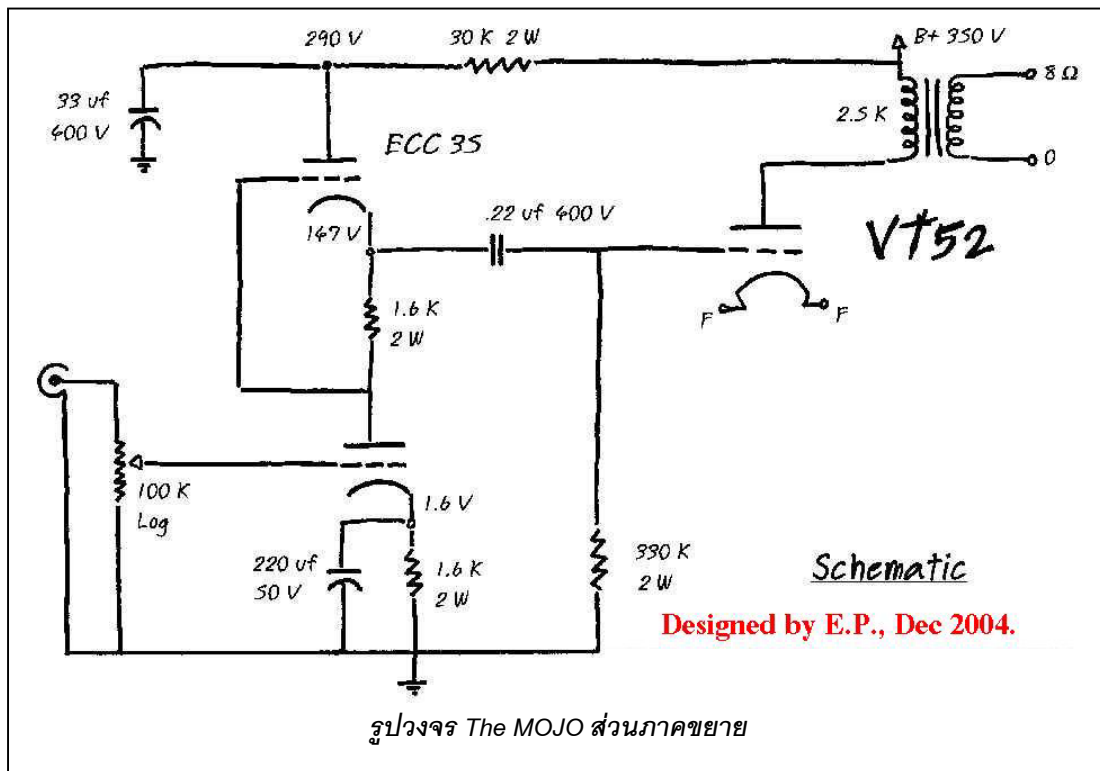
เริ่มต้นผมจึงมองหาหลอด Output ที่มี
Spec ตามต้องการ ผลสุดท้ายก็ได้ Hytron VT-52
กับ RCA 6A3 มาอย่างละคู่
ซึ่งจากที่ผมได้ลองศึกษาจาก www.vt52.com
แล้วหลอดทั้งสองนี้มี Spec ใกล้เคียงกัน
โดยเปลี่ยน Operating Point นิดหน่อย
ก็สามารถพอใช้แทนกันได้

Circuit วงจรนี้เห็นแล้วก็คงจะรู้สึกคุ้นๆ
คือผมได้ดัดแปลงมาจากวงจรของ JE Labs
โดยเริ่มจาก Gain Tube เป็น 6SL7 หรือจะใช้
5691, 6SU7 หรือ ECC35 ได้ทั้งหมด
ซึ่งตัวผมเองจะชอบ ECC35 ของ Mullard
มากที่สุดครับ เพราะให้เสียงที่หวานพริ้ว ย่านเสียง
สูงดีมาก ส่วน 5691 Red Base ของ RCA
นั้นรองลงมา จะให้เสียงที่ Warm มากกว่า
ก็ไปอีกแบบครับ

Driver Stage นั้นผมได้ลองมาหลายแบบ
ทั้งแบบ Parallel Section หรือแบบ Plate Loaded
และ Cathode Follower ซึ่งสุดท้ายแล้ว ผมชอบ



หลอด VT-52 ขณะใช้งาน



แบบ SRPP มากที่สุดครับ เพราะให้รายละเอียด
ของคนตรีดีมาก คือผมว่าส่วนนี้มันขึ้นอยู่กับองค์
ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น เข้ากับ System ของผมได้
ดี หรือขึ้นอยู่กับรสนิยมของแต่ละท่าน ซึ่งผมเสีย
เวลาอยู่กับจุดนี้พอสมควร ในการปรับแต่งให้ได้

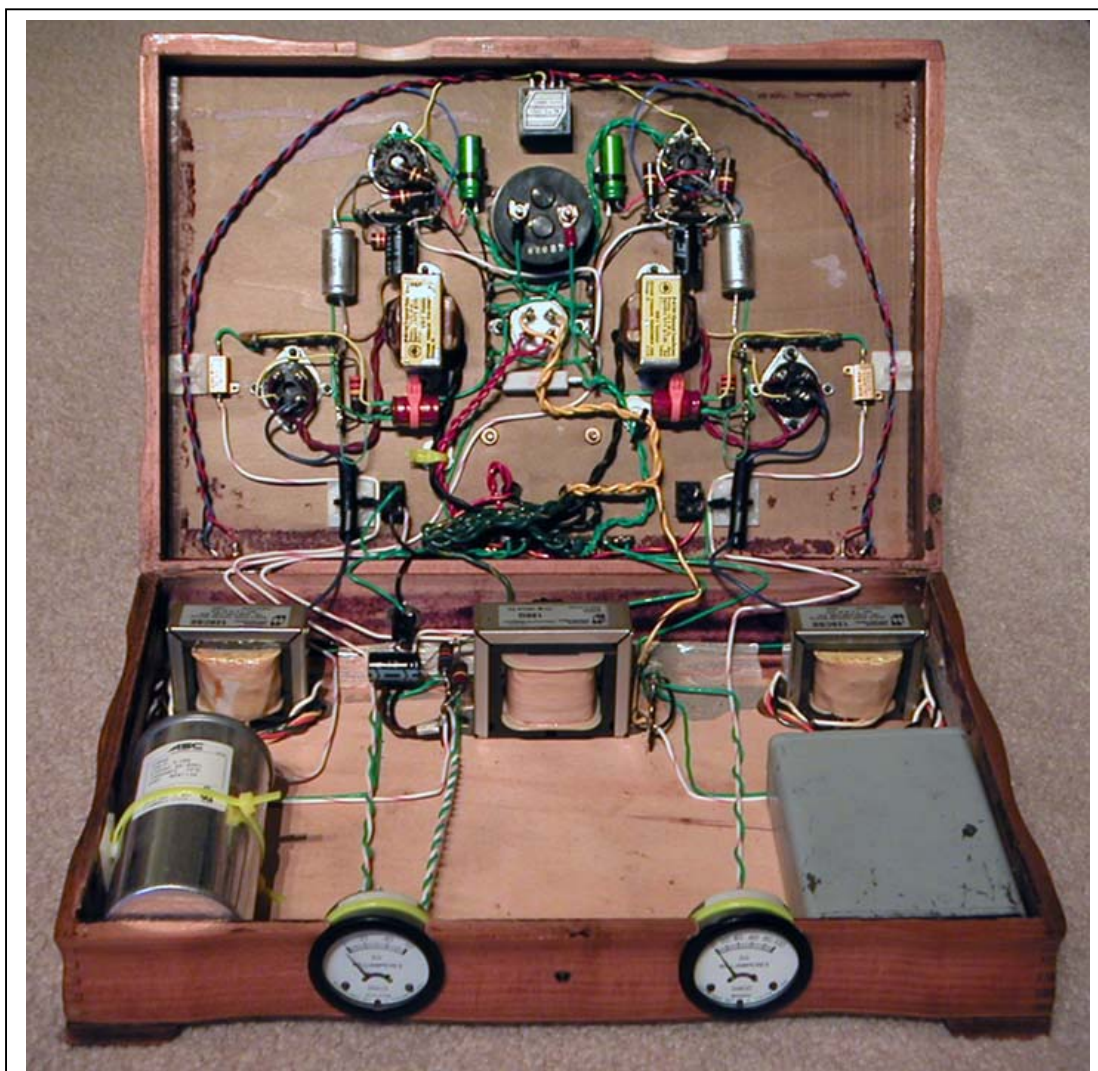
เสียงที่ผมชอบที่สุด โดยผม Run กระแสที่ประมาณ
0.9-1.0mA สำหรับ สำหรับ ECC35

Output Stage สำหรับ VT-52 ที่ผมมีนั้น
เป็น Mono Plate ขนาดใหญ่ ดูเข้าท่าดี มีลักษณะ
คล้ายหลอดเบอร์ 50 อยู่เหมือนกัน แต่ครอบแก้วจะ
ดูเพรียวกว่า ซึ่งถ้าเป็นหลอดของ Western

Electric จะใช้ไฟเลี้ยงไส้หลอดที่ 7.0V โดย
ประมาณ และมีราคาสูงพอสมควร ประมาณ
\$250-350 ต่อคู่เลยทีเดียวครับ ส่วน VT-52

เพื่อความสวยงาม อีกทั้งยังสามารถ Monitor
ปริมาณกระแสของหลอดทั้งสองข้างได้ด้วยครับ

Power Supply นั้นผมใช้หลอดเบอร์ 5Z3



รูปภายใน The MOJO

ของผมมัน Run กระแสที่ประมาณ 45-47mA
โดยต่อ Cathode Resistor จาก Center-Tap
ของหม้อแปลงไส้หลอด ซึ่งไม่ต้องใช้ Hum
Balance Pot เลย อาจเป็นเพราะ Chassis
มีขนาดกว้างขวาง สามารถวาง Layout ได้ดี
หรือไม่ก็ Grounding ที่บ้านผมดี แอมป์ตัวนี้จึงไม่มี
Hum ให้ได้ยินเลย แม้ผมจะใช้กับลำโพง Horn
ที่มีความไวพอสมควร และผมได้ต่อ Milliamp
Meter ระหว่าง Cathode Resistor กับ Ground

เป็น Rectifier โดยใช้ C Oil Surplus ขนาด 6uF
เป็น Filtering ตัวแรก ผ่าน Choke ขนาด 8H
150mA แล้วก็ตามด้วย C Oil Motor Run ของ
ASC ขนาด 100uF 370VAC โดยไม่ลืมนี่จะ Bias
ไส้หลอดของ Driver Tube ที่ประมาณ 70-80V
เพื่อป้องกันความเสียหายกับหลอด ผมยังได้เพิ่ม
VDC Meter เพื่อ ใช้วัด B+ เข้าไปอีกตัวหนึ่งครับ

สรุปหลังจากที่ได้ฟังปรับแต่งแอมป์ตัวนี้
อยู่ได้ระยะหนึ่งจนเป็นที่พอใจ ไม่ผิดหวังครับ ผม



The MOJO ขณะใช้งาน

U_a	I_a	U_g	R_p	g_m	Z_o	P_o
220	29	-43.5	1650	2300	3800	1.0
275	36	-56	1670	2100	4600	2.0
300	40	-60	1600	2370	3580	2.4
300	44	-61	1600	2370	2500	4.0

จุดทำงานต่างๆ ของ VT-52 (จาก www.vt52.com)

คิดว่าหลอด VT-52 นั้นมีความเป็นดนตรีน่าฟังกว่าพวก 6L6 หรือ EL34 อยู่พอสมควร และถ้าเปรียบเทียบกับ RCA 6A3 ที่ผมลองสับเปลี่ยนฟังดูแล้ว VT-52 ก็ยังให้เสียงเบสที่มีพลังกว่าอย่างที่สามารถสังเกตได้ชัด หลายคนบอกว่า VT-52 นั้น มีบุคลิกเหมือนกับหลอดเบอร์ 45 แต่ VT-52 สามารถให้ Power Output ที่มากกว่า ซึ่งสูงถึง 4 Watts เลยทีเดียวครับ จึงเป็นที่มาของชื่อ THE MOJO หรือมีความหมายอีกนัยหนึ่งว่า The Magical Power นั่นเองครับ....

E.P.



หลอด Mullard ECC35

(Brown Base)

มาทำความรู้จัก

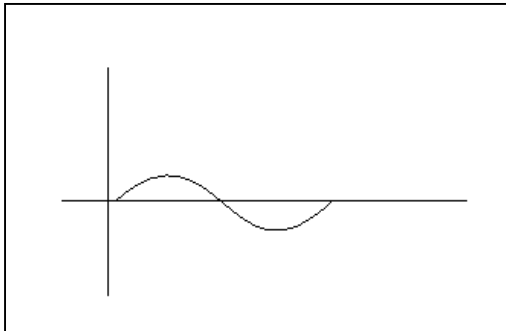
CLASS D

กันเถอะ

Author: Kris Horpaopaun

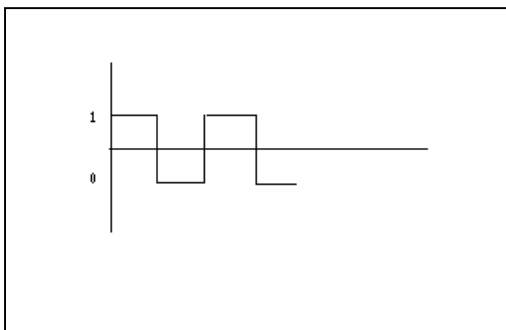
หลายท่านคงสงสัยแล้วว่า Power amp Class D เป็นอย่างไร? ในที่นี้ผมขอไม่พูดถึง Class A, AB, B นะครับ คิดว่าทุกท่านคงทราบดีอยู่แล้ว ที่นี้เราจะแบ่งอย่างไรดีละ ผมขอนิยามง่ายๆ นะกัน นะครับ ก่อนอื่น ผมอยากแบ่งลักษณะสัญญาณไฟฟ้าเป็น 2 แบบก่อนคือ

1. แบบสัญญาณต่อเนื่อง, Linear signal มีลักษณะดังรูป



ซึ่งตัวอย่างสัญญาณนี้ได้แก่ สัญญาณเสียง, ไฟบ้าน, Analog เป็นต้น

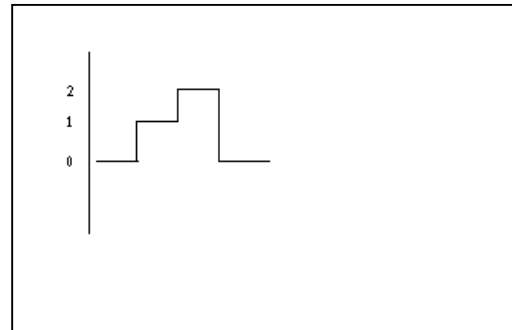
2. แบบสัญญาณไม่ต่อเนื่อง, Non-linear signal, Discreet signal มีลักษณะดังรูป



ตัวอย่างสัญญาณแบบนี้ได้แก่จำพวกสัญญาณ Digital ต่างๆ

จาก 2 รูปนั้นเราพอจะสรุปได้ว่า

สัญญาณ แบบ Linear กับ Non-linear จะต่างกัน ตรงที่ความต่อเนื่องของสัญญาณ โดยแบบ Non-linear นั้นจะมีระดับสัญญาณชัดเจน ดังรูปที่แสดง จะเป็นระดับ 0 กับ 1 ซึ่งความจริงแล้วอาจจะมีหลายระดับก็ได้ ดังรูป

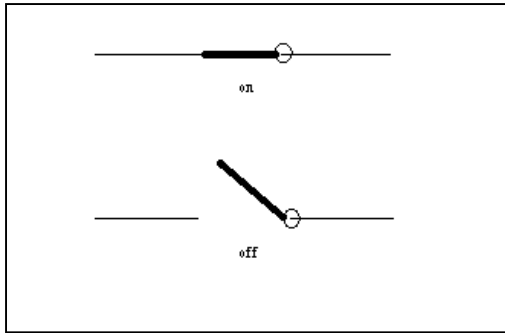


โดยระดับของสัญญาณคือตัวที่แสดงว่าสัญญาณมีค่าเป็นเท่าใด ซึ่งแล้วแต่เราจะกำหนดครับ

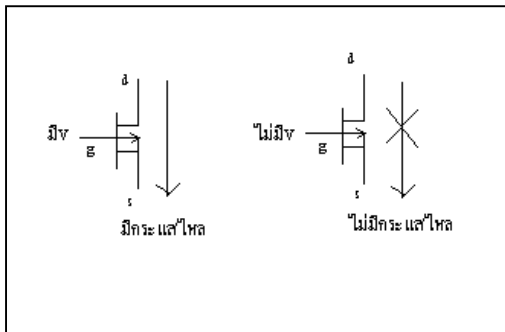
แล้วทำไมต้องเป็น Class D?

ข้อเสีย Class A AB B C นั้นเป็นที่รู้อยู่แล้วว่าต้องมีการ Bias ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียกำลังงานเกิดขึ้นที่ตัว Power Device (หลอด, Transistor อื่นๆ) ดังนั้นจึงมีการหาทางเพื่อกำจัดข้อด้อยเหล่านี้ออกไป

มาถึงคำถามต่อไปว่า แล้วเจ้า Class D นี้ไม่สูญเสียกำลังงานจากการ Bias หรือ เรามาดูการทำงานของมันกันดีกว่าครับ ในจุดแรก เจ้าพวก Class D นั้นจะทำงานอยู่ 2 Modes คือ On กับ Off ...ซึ่งมันคืออะไรละ.. แฮะแฮะ ขออธิบายดังนี้ครับ จากรูปครับ เราจะเปรียบเทียบกับ การปิด-เปิด Switch การ On ก็คือ การทำให้ Switch นั้นสับลงมาเพื่อให้มีการไหลของกระแสได้ ส่วนการ Off นั้น เป็นการยก Switch ออกเพื่อไม่ให้มีกระแส



ไหลไปได้ เอละครับคงสงสัยว่าแล้วเราจะไป Applied กับเจ้าอุปกรณ์ของเราอย่างไรใช่ไหมครับ แต่แน่นอน เราก็มาดูลักษณะของอุปกรณ์ยอดนิยมในการ Switch คือเจ้า FET กันครับ



จากรูปเป็นการแสดงการทำงานของเจ้า FET กันนะครับ ง่ายง่ายครับ เจ้า FET นี้จะมี 3 ขา คือ Gate Drain Source ครับ เมื่อเราป้อนไฟฟ้าเข้าที่ขา G แล้ว จะสามารถทำให้มีกระแสไหลจาก D ไป S ได้ และเมื่อเราไม่ป้อนไฟฟ้าเข้าไปแล้ว ก็จะไม่มีการไหลจากขา D ไป S ครับ ซึ่งโดยปกติแล้ว ในการทำงานแบบ Analog นั้นเราสามารถมี Concept ง่ายๆ ว่า ยิ่งป้อน V ที่ Gate ไปมากเท่าใดก็ยิ่งมีกระแสจาก Drain ไป Source มากเท่านั้น ซึ่งลักษณะนี้ก็จะคล้ายกับเจ้าหลอดที่เราใช้อยู่ครับ แต่ใช้ว่ามันจะยิ่งป้อนมากยิ่งขึ้นดี เพราะเจ้า FET นี้ก็มีค่าจำกัดว่า เมื่อเราป้อนไปมากๆ ค่าหนึ่งแล้ว ถ้าเราเพิ่ม V ที่ Gate มากขึ้นไปอีก กระแสก็ไม่ไหลเพิ่ม เราเรียกว่าสถานะอิ่มตัวหรือ Saturation ซึ่งถ้ายังผืนข่มขึ้นมันแล้วก็ มันก็อาจใจเสาะกลับบ้านเก่าได้ครับ 555

เอละครับ ที่นี้เราจะพูดถึงการใช้งานใน Mode On-Off กันนะครับ เจ้า FET นี้ เราอาจกล่าวได้ว่าเวลาที่มันมี V Gate มากๆ ค่าหนึ่งแล้ว มันก็จะเข้าสู่สถานะ Saturation ซึ่งจะยอมให้กระแสไหลผ่านจาก Drain ไป Source ได้ โดยตัวมันจะเหมือนกับ R ค่าต่ำๆ ครับ ซึ่งใน Datasheet จะเขียนว่า R On ซึ่งอาจมีค่าถึง 0.1-0.2 Ohm เลยทีเดียว แต่เมื่อเราไม่ป้อนไฟเข้าที่ขา Gate แล้ว มันก็จะประพฤติตัวเป็น R ค่าสูงมากๆ อาจเป็น Mega-Ohm เลยทีเดียว นั่นหมายความว่ามันก็จะไม่ยอมให้มีกระแสไหลผ่านเลย

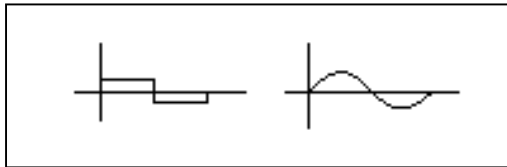
โอเค แล้วที่มันดียังไงล่ะ เราต้องนึกก่อนครับว่า ค่ากำลังงานที่สูญเสียไปนั้น เรามีสูตรว่า $P=VI$ ซึ่งหมายความว่า ถ้ามี V ตกคร่อมที่เจ้าอุปกรณ์นี้และมี I ค่าเท่านี้ ก็จะมี P เกิดขึ้นที่เจ้าอุปกรณ์ตัวนี้ขึ้น ซึ่งอาจเป็นความร้อน หรือพลังงานกล เช่น การสั่นจนเกิดเสียงเป็นต้น เอละครับ เรามาแปลงสูตรกันง่ายง่ายดีกว่าจาก $V=IR$ ดังนั้นเราจะได้ว่า $P=I^2 R$ (ผมพิมพ์รายงานไม่เก่งครับขออภัยก่อน แฮะแฮะ)

ที่นี้นั้นเรามาดูกันกับการทำงานของ FET นะครับ เมื่อตอนมัน On นั้น ก็จะมี I ค่ามากๆ วิ่งจาก Drain ไป Source ใช่ไหมครับ แต่ที่ Mode On นั้น FET นี้จะมีค่า R ต่ำมาก เรียกว่าเป็น 0 Ohm เลยทีเดียว ดังนั้นกำลังงานที่สูญเสียคือ $P=I^2 R$ มากคูณ I มาก คูณ 0.... ใช่แล้วครับไม่มีกำลังตกคร่อมเลยนั่นเอง จึงไม่เกิดการสูญเสียกำลังงานขึ้นเลย ยกตัวอย่างเปรียบเทียบนะครับ เหมือนสายไฟไหม้ครับ ถึงแม้ว่าจะมีกระแสวิ่งมากก็ตาม แต่มันก็เย็นถูกไหมครับ แต่ถ้ากระแสมากขึ้นสายก็อาจร้อน (ถึงพระอินทร์) ได้ ซึ่งเราก็แก้โดยต้องหาสายไฟใหญ่กว่าเดิมใช่ไหมครับ เพื่อค่าความต้านทานน้อยลงก็อย่างเดียวกันละครับ

คราวนี้เรามาดู Mode Off กันบ้างคราวนี้นั้น FET ประพฤติตนเป็น R ความต้านทานสูงแล้ว

ครบดังนั้นก็ไม่มีกระแสไหลผ่านมันไปได้ก็คือ $I = 0$ ทีนี้ เราก็จับเข้าสูตรเลยครบ $P = 0$ คุณ 0 คุณ R ...อีกแล้วครบท่าน $P = 0$ อีกแล้วครบ

ทีนี้เรามารู้ถึงวิธีการทำให้เจ้าสัญญาณเสียงกลายเป็นเจ้ารูปคลื่นสี่เหลี่ยมกันดีกว่า แต่ก่อนหน้านั้นเรามาดูกันดีกว่าว่า มันทำไมจึงสามารถทำให้มีเสียงแบบเดิมได้ ทั้งที่ลักษณะรูปคลื่นเปลี่ยนไปแล้ว ผมอยากให้ลองนึกอย่างนี้ครับ เราสมมุติว่าให้กำลังงานแก่ลำโพง 1 Watt ทีนี้เราก็ทำให้รูปคลื่น 2 รูปมีค่าพลังงานเท่ากันสิครับ จากรูปนะครับ เราสมมตินะครับว่าให้พื้นที่ใต้กราฟ 2



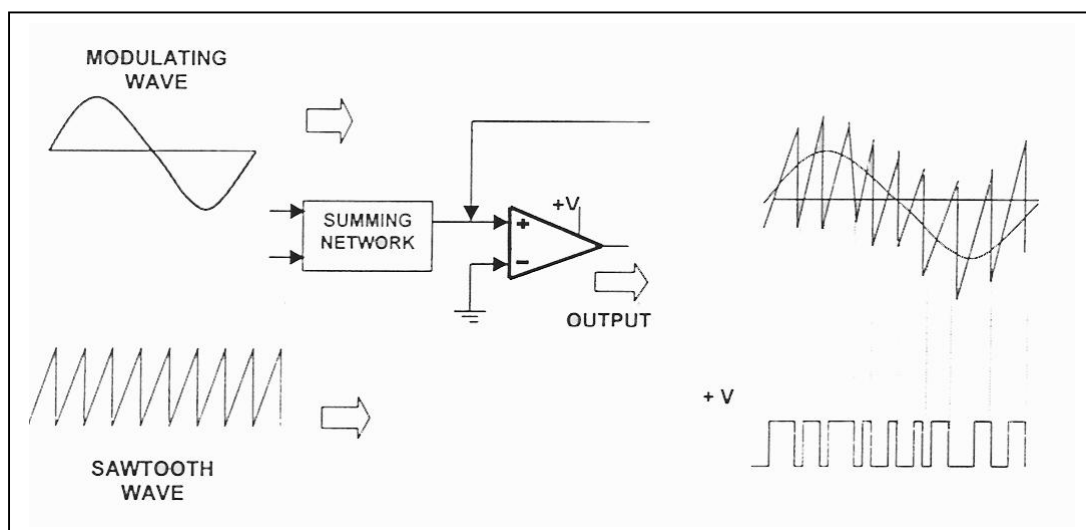
รูปมีค่าเท่ากัน นั่นก็คือ 2 รูปมีพลังงานเท่ากัน ทีนี้เราก็มาดูต่อไปว่าแล้วจะทำอย่างไรล่ะ ที่จะทำให้เจ้าลูกคลื่นจากเจ้า Sine wave แปลงตัวเองไปเป็นเจ้า Square wave ได้ โดยปกติแล้วการสร้างสัญญาณแบบนี้เรียกว่าการสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) สามารถทำได้หลายวิธี แต่ในที่นี้ขอยกตัวอย่างมาเพียง 3 วิธี คือ

1. สร้าง Pulse Width Modulation สัญญาณโดยตรงจากสัญญาณเบสแบนด์

2. สร้าง Pulse Amplitude Modulation ก่อนแล้วค่อยสร้าง Pulse Width Modulation ที่หลัง
3. สร้าง Pulse Width Modulation จากวงจรเปรียบเทียบโดยตรง

วิธีที่ 1

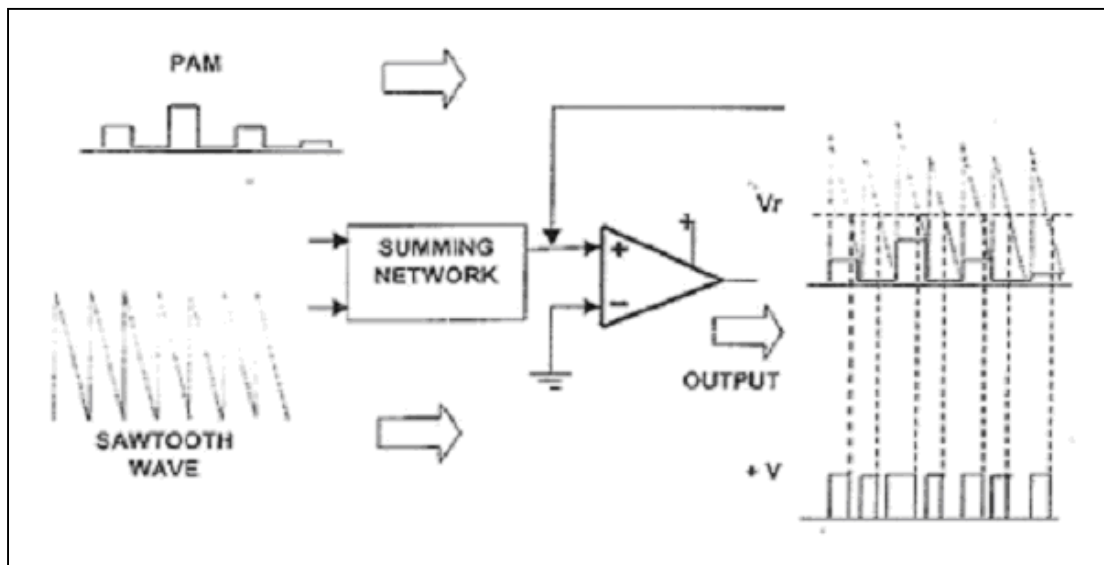
จากรูป แสดงการสร้าง Pulse Width Modulation (PWM) โดยตรงจากสัญญาณ Input รูปบนสุดเป็นสัญญาณที่ต้องการ Modulation เป็น PWM ในการสร้าง เริ่มต้นด้วยการสร้างสัญญาณสามเหลี่ยมที่มีคาบเวลาแน่นอนขึ้นมาแล้วบวกเข้ากับสัญญาณเบสแบนด์ในวงจรบวก (Summing) จะได้สัญญาณรวมผล แล้วนำไปผ่านวงจรเปรียบเทียบที่มีสัญญาณไฟตรงเป็นสัญญาณอ้างอิง (Reference Level) ก็จะได้สัญญาณที่ตัดกับระดับอ้างอิงตามหลักการของการข้ามระดับ (Level Crossing) เมื่อสัญญาณสามเหลี่ยมข้ามหรือตัดกับระดับอ้างอิงครั้งแรก วงจรจะสร้างขอบนำ (Leading Edge) เมื่อสัญญาณสามเหลี่ยมข้ามหรือตัดกับระดับอ้างอิงอีกครั้งหนึ่งวงจรจะสร้างขอบหาง (Trailing Edge) ก็จะได้ PWM ตามต้องการสังเกตว่าความกว้างขอบจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณเบสแบนด์ เมื่อขนาดของสัญญาณเบสแบนด์สูงขึ้น ความกว้างของ PWM ก็จะกว้างขึ้น



วิธีที่ 2

วิธีการสร้าง Pulse Width Modulation โดยวิธีนี้ ต้องสร้าง Pulse Amplitude Modulation จากสัญญาณเบสแบนด์ก่อน ความแตกต่างของวิธีที่ 1 กับวิธีที่ 2 ก็คืออยู่ที่จะบวกสัญญาณสามเหลี่ยมเข้ากับสัญญาณเบสแบนด์โดยตรงหรือจะบวกสัญญาณสามเหลี่ยมเข้ากับ PAM ตามวิธีที่ 2 เท่านั้น ส่วนขั้นตอนอื่นในการเปรียบเทียบสัญญาณผลรวมกับระดับอ้างอิงนั้นเหมือนกัน

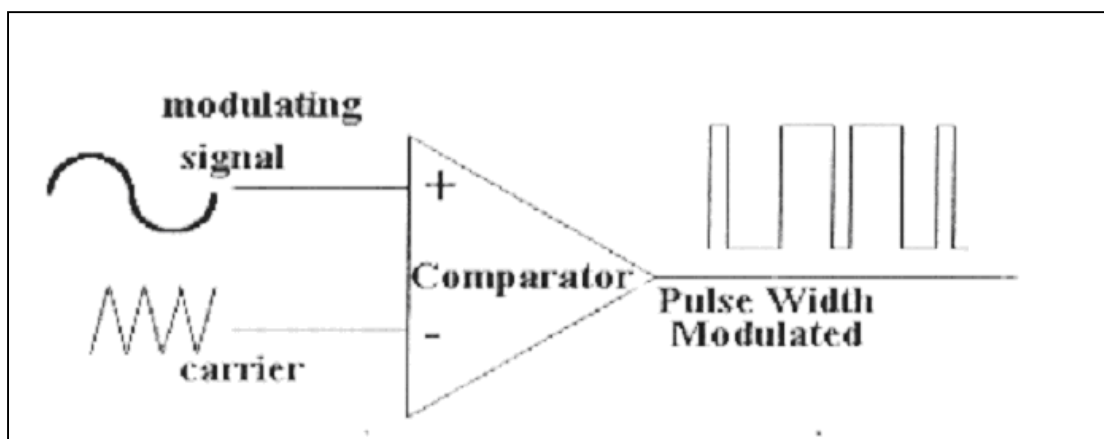
อ่านแล้วหวังว่าพอเข้าใจบ้างนะครับ บางวิธีการ Modulate ผมเองก็ยังไม่ถนัดเลย เช่นวิธีที่ 2 เอาเป็นว่ารู้ไว้ก่อนละกันครับ ที่นี้เราจะมาพูดถึงทฤษฎีเชิง Math กัน จากรูปนะครับเราจะเห็นมีข้อมูล 2 ส่วนคือ ข้อมูลสัญญาณเสียงของเรา กับข้อมูลที่เรากำลังจะทำการรวมเข้าไป ก็คือสัญญาณสามเหลี่ยมที่เราจะรวมเข้าไบนั่นแหละครับ แกนแนวตั้งจะเป็นแกนของขนาดสัญญาณ และแกนแนวนอนคือขนาดของความถี่ ซึ่งยิ่งไปด้านขวามากก็ยิ่งมีความถี่สูง



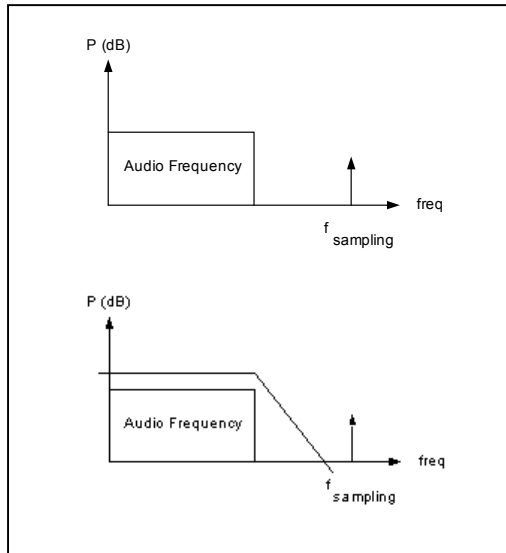
วิธีที่ 3

การสร้าง Pulse Width Modulation โดยวิธีนี้ทำได้ง่าย ทำโดยนำสัญญาณ Input และสามเหลี่ยมมาเข้าวงจรเปรียบเทียบก็จะได้สัญญาณ PWM ออกมาตามที่ต้องการ

มากครับ ที่นี้เราก็มาดูครับว่าเราจะทำอะไรให้เหลือแต่ข้อมูลเสียง คำตอบคือ Filter ครับ เราก้ใช้ LC Filter มาเลือกเอาเฉพาะสัญญาณเสียงก็พอแล้วครับ



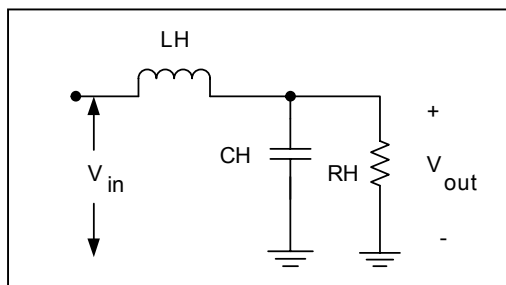
เอาละครับพอเห็นคร่าวๆ แล้วใช้ใหม่ครับ
ว่ามันสามารถทำงานได้แน่นอน ใจเย็นก่อนครับยังไม่จบ ขอพูดถึง Filter อีกนิด ซึ่งสามารถเอาไปแปลงทำเป็น Crossover Network ในลำโพงได้ครับ ก็ตัวเดียวกันนั่นแหละครับ



วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ในที่นี้ เราจะใช้เนทเวิร์คแบบ Butterworth ในการกรองเอาเฉพาะความถี่เสียงที่ต้องการ ซึ่งเป็นเนทเวิร์คที่ให้การตอบสนองราบเรียบที่สุด ซึ่งเป็นจุดที่จำเป็นมากของเครื่องเสียง โดยสูตร Transfer Function ของ 2nd order Butterworth คือ

$$H(s) = \frac{1}{S^2 + \sqrt{2}S + 1}$$



ซึ่งสามารถออกแบบเป็นวงจรได้ จากรูปเราสามารถแทนค่า Transfer Function ให้อยู่ในรูปของอุปกรณ์ได้เป็น

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_{in}(s)} = \frac{\frac{1}{LH \cdot CH}}{S^2 + \frac{1}{RH \cdot CH}S + \frac{1}{LH \cdot CH}}$$

ซึ่ง L และ C เหล่านี้ถูกแทนอยู่ในรูปของ S-domain โดย $L = L_s$ $C = 1/C_s$ เมื่อนำมาเทียบสัมประสิทธิ์เราจะได้ว่า

$$CH = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot RH} = \frac{1}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f_c \cdot RH} \rightarrow CL = \frac{1}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f_c \cdot RL}$$

$$LH = \frac{1}{CH} = \frac{\sqrt{2} \cdot RH}{2 \cdot \pi \cdot f_c} \rightarrow L = LH$$

ซึ่งในวงจรนี้เราจะทำการตัดที่ความถี่ 30kHz เราจะหาค่า C ได้มีค่าเท่ากับ $0.47 \mu F$ และ L มีค่าเท่ากับ $60 \mu H$

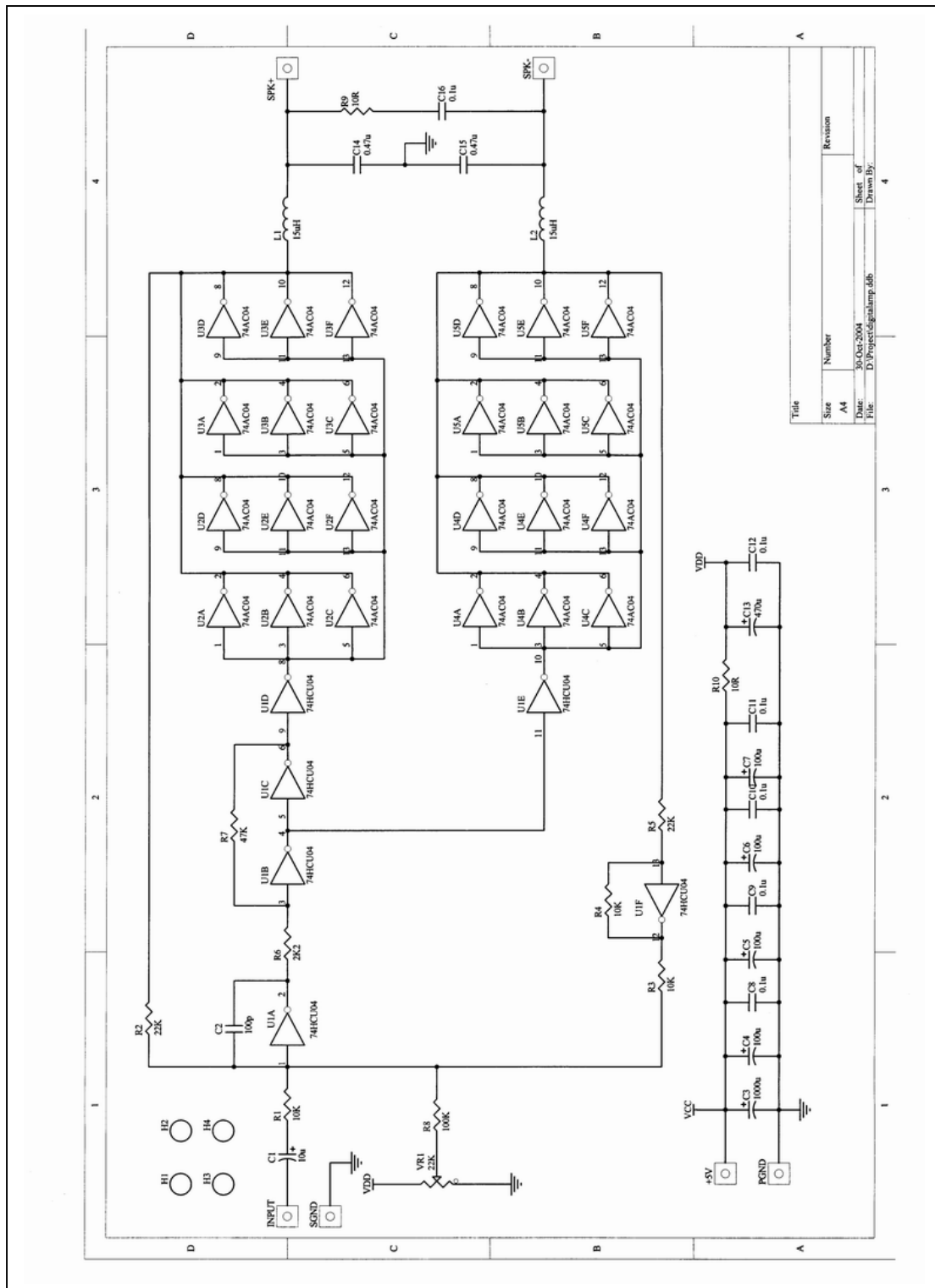
ถ้าอ่านแล้วไม่เข้าใจ หยิบสูตรง่ายๆ เลยครับ

$$L = \frac{\sqrt{2} \cdot RL}{2 \cdot \pi \cdot f_c} \quad C = \frac{1}{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f_c \cdot RL}$$

RL ก็คือลำโพงของเราซึ่งโดยปกติก็ 4 Ohm, 8 Ohm, 16 Ohm ละครับ

ที่นี้เราก็จะมีตัวอย่างวงจรง่ายๆ ละครับ สำหรับวงจรนี้ต้องขอขอบคุณพี่สมชาย ที่ช่วยแบ่งปันมาให้ กับคุณชาญณรงค์ที่ช่วยประสานนำมาให้ครับ ส่วนมาจากเว็บไดโน้นผมตามหาไม่เจอจริงๆ ครับ

เป็นอย่างไรครับ ง่ายใช้ไหมครับแะแะแะ แต่หลักการทำงานของมันก็ใช้อยู่ที่เดียว ยังมีหลายจุดที่ผมไม่เข้าใจเหมือนกัน แต่จะลองขอไล่ละครับ เอาละที่ ขา 1 ของ U1A นั้นจะเป็น Summing Network ก็คือ การเอาผล Feedback กับ Input มาเปรียบเทียบกับกันนั่นแหละครับ เพื่อดูว่าผลต่างที่ได้นั้นเป็นอย่างไร ก็คือ ควรจะป้อน Pulse + หรือ - เข้าไปได้ โดยจะส่งต่อไปยัง U1B และ U1C ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายและแบ่งสัญญาณ Pulse ออกเป็นซีกบวกและลบ ซึ่งต่อไปเจ้าตัว U1D และ U1E จะเป็นตัว Buffer และ กลับเฟสสัญญาณอีกทีแล้วจ่ายให้กับพวก U2 U3 U4 U5 เพื่อทำการขยายกระแส ทำให้สามารถขับลำโพงออกไปได้แล้ว

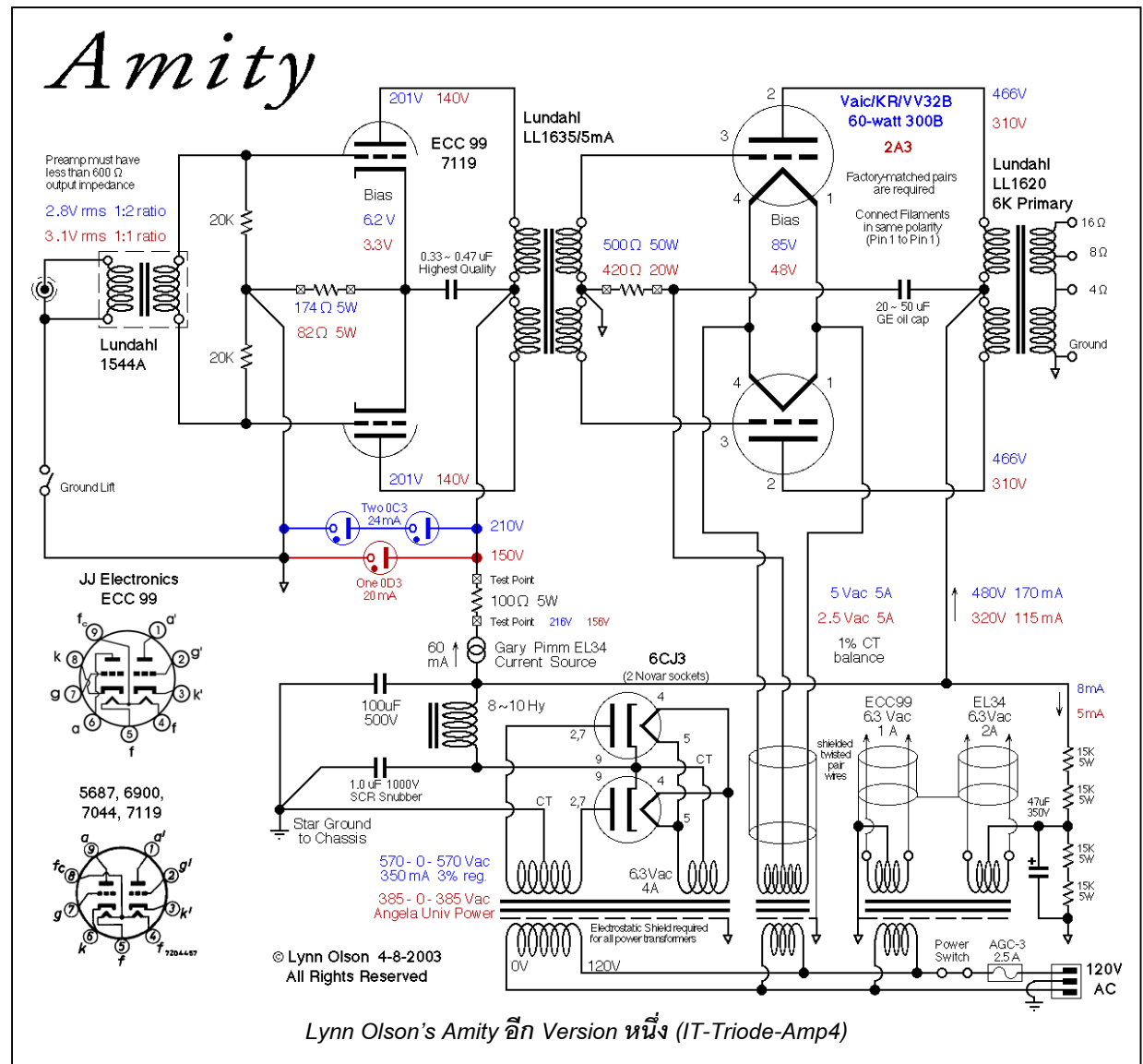


จึงทำการส่งสัญญาณ Feedback กลับมาเพื่อทำการเปรียบเทียบกับ Input อีกที่ส่วน Pulse ที่ป้อนไปนั้น จะผ่าน Network เพื่อกรองความถี่สูงทิ้งออกไป และมีตัว R9 และ C16 ทำการชดเชยความถี่สูงที่โดคออกมาด้วย ซึ่งวงจรนี้ผมได้ต่อออกมาแล้ว

นับว่าเสียงออกมาแข็งทีเดียวแต่เมื่อดูวงจรแล้วต้องเรียกว่า มันทำได้ยังไง เออ Not Gate มาต่อกันจนได้ Power Amp ออกมาตัวหนึ่ง ต่อไปเราจะต้องมาดูว่า Not Gate ตัวไหนเสียงดีกว่ากัน 555

(IT-Triode-Amp4) ทำให้ผมเกิดอาการคันอียากแก้ตามบ้าง (ผมจะไม่เขียนเกี่ยวกับแอมป์ของ Lynn Olson นะครับ เข้าไปอ่านได้ที่เว็บแกลเองโดยตรง) แต่ด้วยความซุ่มซ่ามของผมทำให้ ผมทำ Interstage Lundahl ขาดไปหนึ่งข้าง จึงเป็นที่มาว่าผมจะต้องทำอะไรมากขึ้นเพื่อให้แอมป์ผมมันฟังได้เหมือนเดิม ตอนแรกผมแก้ไขด้วยการใช้ RC Coupling แทนเข้าไปดื้อๆ โดยลองทำข้างเดียวก่อน ปรากฏว่าไม่รอด เพราะเสียงข้างที่ใช้ Interstage ให้เสียงที่ตึกกว่า เป็นดนตรีมากกว่าเยอะขนาดผมใช้ C Coupling เป็น Teflon Cap แล้ว ก็ยังไม่ดีเท่า Interstage เลย ผมเลยตั้งเป้าใหม่ว่าจะทำให้มันดีกว่าเดิมแทนที่จะดีเท่าเดิม ก็เลยเป็นที่

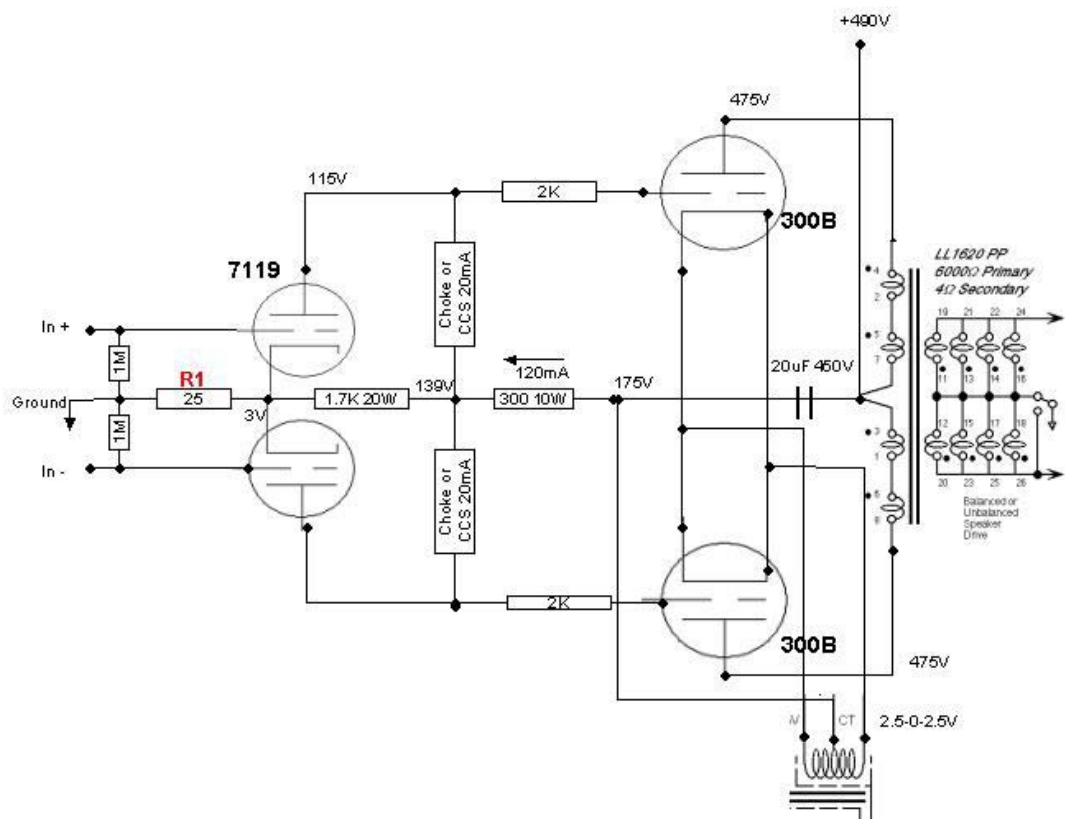




มาของหลากหลายวงจรที่จะเห็นต่อไปนี้

ผมเชื่อในการออกแบบวงจรมากกว่า ว่าการออกแบบที่ดี จะได้เสียงที่ดี มากกว่าจะเชื่อว่าเพียงแค่ใช้หลอด NOS รุ่นปี 1933 ที่ผลิตในเดือน 3 วันที่ 3 แล้ว จะได้เสียงสุดยอดที่ฟังที่ไรก็สุดยอดทุกที ผมจึงเริ่มศึกษาว่ามีวงจรอะไรที่น่าสนใจมาบ้าง ผมคิดว่าการที่จะทำให้เสียงดีกว่า Interstage ก็คือการไม่ใช้มันซะเลย ผมเลยตั้งเป้าให้วงจรเป็น Direct Coupling ขณะเดียวกัน ผมประสบผลสำเร็จจากการทำปริ๊อัมป์ 6C45 ที่ใช้ Constant Current Source Load ของ Mr. Gary Pimm ทำ

ให้ผมอยากใช้มันด้วยในวงจรนี้ด้วย แต่พอผมเริ่มประกอบมัน ผมก็เจอปัญหาว่า ถ้าผมใช้ CCS กับ 7119 ด้วย B+ 490V มันจะร้อนเป็นบ้าเลย และต้องการ Heatsink ขนาดใหญ่ ซึ่งผมจนปัญญาในการยัดมันเข้าไปในแอมป์ผม จะให้ผมทำภาคจ่ายไฟเพื่อ Step-down มันลงมามาก ผมก็ไม่มีที่จะใส่ C อีกแล้ว และผมก็ไม่อยากใช้ C Electrolyte ในขณะที่ผมใช้อยู่เป็น C Motorstart ที่ให้เสียงดีกว่า แต่ตัวมันก็ใหญ่เทอะทะเหลือเกิน ผมแก้ปัญหาด้วยลิงครับ คุรปแล้วกัน (Monkey Amity)



Monkey Amity (Monkey Amity 403B)

ผมยังเก็บ 7119 เป็นหลอด Drive อยู่ และใช้ BBMCCS Gary Pimm's เป็นโหลดโดยตั้ง กระแสที่ 20mA และตั้งไฟเลี้ยงหลอด Driver มา จาก Center-tap ของ Filament 300B ได้ผลครับ ตอนนี้ Current Source ก็รับโหลดแค่ 25V x 20mA เอง ทำให้ผมใช้ตัวถังเป็น Heatsink ได้ในตัว ผมทดลองมันจากข้างเดียวก่อน มันให้เสียงที่สดกว่าเดิม ไดนามิคก็ดีกว่าเดิม ถึงแม้เสียงรบกวนจะไม่หวานเท่าเดิม แต่ผมก็ถือว่ามันดีกว่าต้นฉบับ Interstage เอง ผมเลยเปลี่ยนทั้งสองข้างเป็น Monkey Direct Drive Constant Current Source Load เรียกว่า MDDCCSL (นี่เป็นमुखนะครับ อย่าถือสาเรียกตามก็แล้วกัน ตัวย่ออะไรจะยาวบ้าขนาดนี้)

ผมได้หลอด WE 403B NOS มาจาก Ebay (ไหนบอกว่าจะไม่สนใจ NOS หยอกๆ เมื่อย่อ

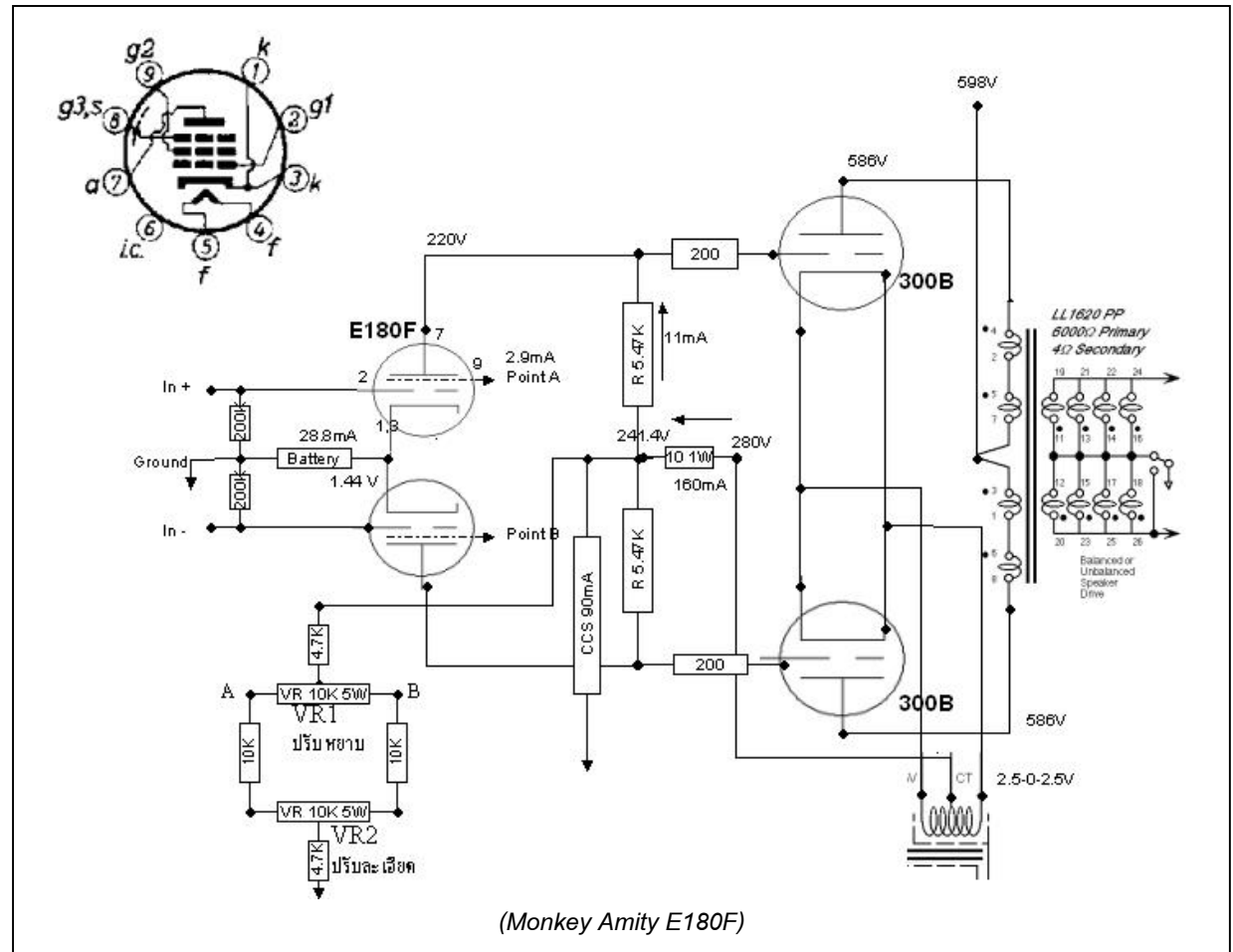


7119 Amperex (USA / Holland)

หน้าทีตัวเอง) เพราะเจ้าของบอกว่าต้องการขาย เพื่อเอาเงินมาทำพิพิธภัณฑ์หลอด ผมเลยแข่งมาจนได้ ก็เลยเอามาลองดูแทน 7119 เจ้า 403B เป็น

หลอด Pentode ผมชอบความง่ายของมันที่ใช้ อุปกรณ์น้อยกว่าเยอะ เช่น ไม่ต้องมี Current Source 4 อัน แค่ R 4 ตัวก็เป็นหลอดได้แล้ว ไฟเลี้ยง Screen Grid ก็ใช้ R ทำ Voltage Divider มัน

ใช้ในการปรับเกนของหลอด Pentode สองหลอด ให้เท่ากันด้วยการใช้ VR 2 ตัว ตามรูป ตัวหนึ่งปรับละเอียด อีกตัวปรับหยาบ ที่เราต้องการคือให้มันขยายสัญญาณสองซีกเท่าๆ กันที่ Output วิธีการ



ให้เสียงได้นวลมากๆ ฟังอะไรก็เพราะไปหมด (Monkey Amity 403B) แต่ข้อเสียคือ เกนมันไม่พอ ผมเปิดดังสุดแล้วยังไม่ค่อยดังนัก เอามาฟังเพลงร็อคก็ไม่รอด

ก็เลยเป็นที่มาของหลอด E180F (Monkey Amity E180F) หลอดนี้เสียงดีครับ เกนเยอะด้วย มันให้กำลังและไดนามิคที่น่าตื่นตาตื่นใจเหมือนฟัง Concert สดๆ มีคนบอกว่าเอามาทำเป็น Triode ก็จะใช้คล้ายกับ 417A เลย และราคาถูกกว่าเยอะด้วย สังเกตว่าผมแทนที่ R 1.8K 25Watt ด้วย Current Source และผมใช้ Trick ที่ Gary Pimm



E180F Mullard (Holland / GT. Britain)



E280F Siemens

ปรับคือวัดความต้านทานของขด Primary Output Transformer ทั้งสองข้างตอนเครื่องร้อน เปิดฟังชักสองสามชั่วโมงก่อน เพื่อให้มันร้อน ก่อนปิดแล้วรีบวัต (ดูไฟด้วยนะครับว่าหมดจากภาคจ่ายไฟหรือยัง) แล้วดูว่ามันเท่ากันหรือเปล่า? ถ้าไม่เท่าก็ให้เติมค่า R ที่แตกต่างเข้าไปกับด้านที่น้อยเพื่อให้ 2 ข้างเท่ากัน ของผมต่างกันแค่ 7 Ohm กว่าๆ เวลาปรับก็ปรับให้ไฟที่ Output ทั้งสองซีกเท่าๆ กัน ผมไม่รู้ว่าจะเพราะหลอดหรือว่าเพราะ Current Source ที่ทำให้เสียงนอกจากมันจะเกนเยอะขึ้นแล้วมันยังได้ความสดมากกว่า และความสะอาดของเสียงที่มากไปอีกชั้นหนึ่ง ณ จุดนี้เมื่อผมปรับไฟให้เท่ากันสองซีกแล้ว ทดลองเอา C Ultra-path ออกไปจากวงจร ผมก็ฟังไม่ออกว่าเสียงมันต่างกันอย่างไร ผมก็เลยเอาออกไปเลย ผมทดลองใช้ R Bias กับ Battery Bias ที่ Cathode E180F ก็ปรากฏว่าผมชอบ Battery Bias มากกว่าในทุกด้าน ผมยังไม่ได้ลอง Current Source ที่จุดนี้ เพราะขี้เกียจทำไฟลบ แต่ตอนนี้ผมก็ชอบเสียงมันแล้ว ขนาดหลอด E180F ที่ผมใช้เป็นหลอดรั้วเสีย ผมว่ามันยังให้เสียงที่ดีมากๆ เลย



Monkey Amity 300B Push-Pull

ต่อมาผมไปเจอหลอด E280F ใน Ebay ผมก็เลยคว้ามาอีก และเอามาเสียบแทนเลยทันที ซึ่งมันให้เสียงที่สะอาดและเนียนขึ้นไปอีกชั้นหนึ่ง ผมก็เลยหยุดอยู่เท่านี้ จากนั้นมันก็เป็นเวลา 8 เดือนแล้ว ผมคิดว่ามันน่าจะโอเคแล้ว (มั้ง)

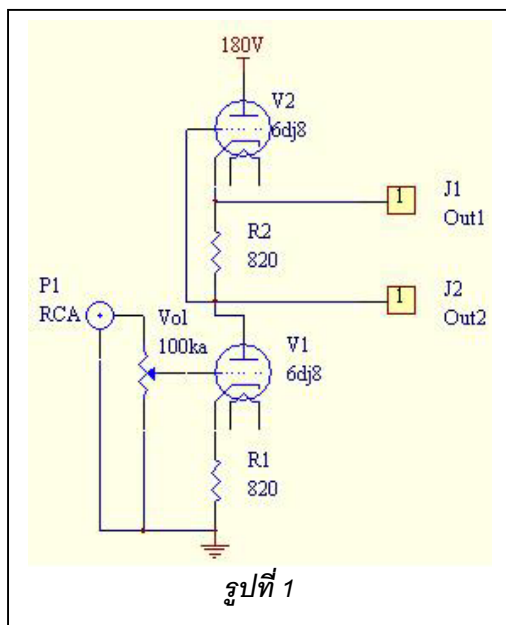
ถ้ามีปัญหาสงสัยอะไรก็เขียนมาถามได้ที่ withaya_tangtanaporn@yahoo.com ครับ

CURRENT SOURCE REGULATION

PREAMPLIFIER

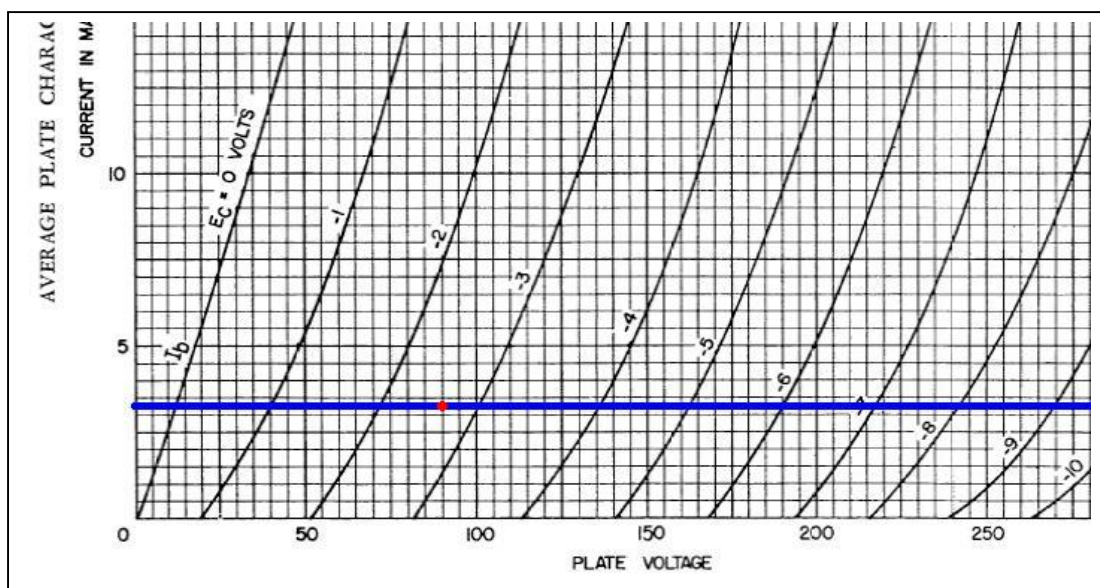
Author: Kris Horpaopau

ในตอนแรก วงจรนี้ผมดัดแปลงมาจาก SRPP (Series Regulated Push-Pull) อยากจะใช้คำว่า SRPP แต่ดูไปๆ มาๆ แล้วมันก็ไม่ใช่ว่า SRPP ซักเท่าไร จึงขอตั้งชื่อไว้แบบนี้ครับ จากเดิมเราจะมีวงจร SRPP ใช้ใหม่ครับ ซึ่งเวลาเราออกแบบมักจัดให้อยู่ในรูปแบบนี้ (รูปที่ 1)

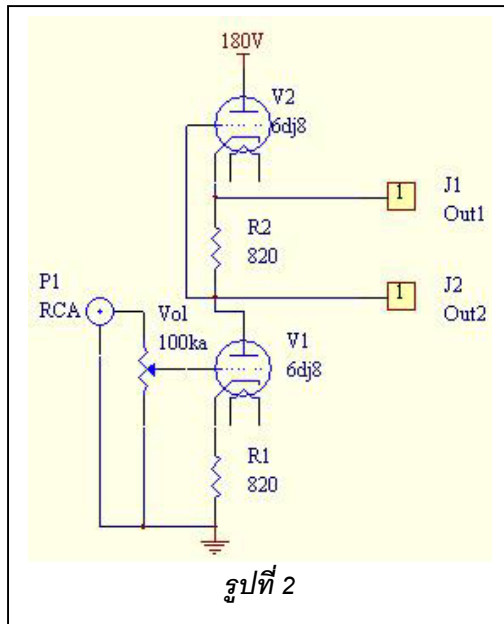


ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเรามักจะกำหนดให้ R_k ของทั้งสองหลอดมีค่าเท่ากัน ซึ่งหมายความว่าที่เพดของหลอดล่าง จะมีค่า Voltage เท่ากับครึ่งหนึ่งของ V_{b+} ตามวงจรตัวอย่างนั้นก็จะมีค่าเท่ากับ 90 Volt ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เราเชื่อว่าหลอดบนจะเป็นตัวควบคุมกระแส ส่วนหลอดล่างเป็นตัว Swing จะทำให้หลอดบนนั้นประพจน์ความต้านทานทาง AC เป็น Infinity เมื่อดูจาก Loadline เราจะได้ Loadline ดังนี้ครับ

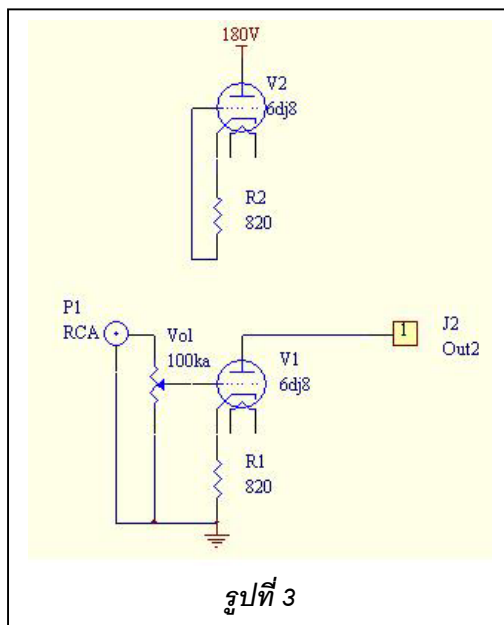
เอาละครับทีนี้เราจะเห็นแล้วว่าระดับว่าสัญญาณจะสวิงเป็นเส้นตรงแนวอนเลย โดยจุดการทำงานของเราจะอยู่ที่จุดสีแดง ถ้าถามว่าทำไมเส้นถึงได้ยาวไป ไม่สมมาตรมันจะใช้ได้หรือ? คำตอบคือ ได้ครับ เพราะเราใช้การ Swing ของสัญญาณในช่วงแคบๆ เท่าที่ดูแล้ว เราก็สามารถสวิงได้ถึง 180Vpp (จากยอดถึงยอด) โดยที่สัญญาณสมมาตรนั้น ก็หมายถึงสัญญาณแรงมากครับ ทั้งนี้ผมจะไม่รวมพูดถึงการขับ Load นะ



ครับ เพราะมันจะมีผลของการจ่ายกระแสให้กับ Load อะไรอีกมาก ซึ่งจะพูดถึงเป็นหัวข้อต่อไปครับ



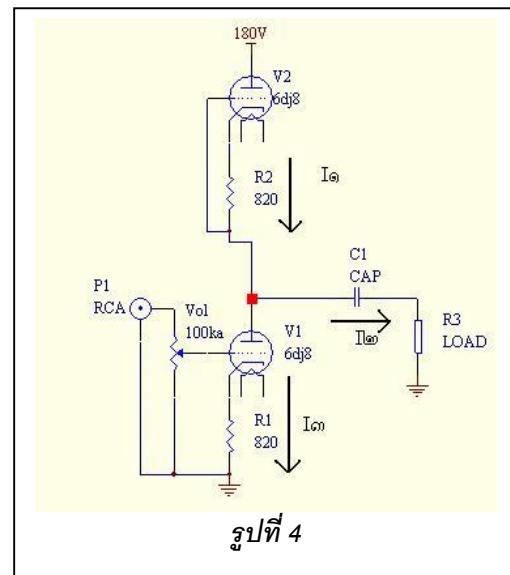
ที่นี้เรากลับมาดูใจวงจรของเราต่อ (รูปที่ 2) จะเห็นได้ว่าเราสามารถหาสัญญาณ Output ออกมาได้ 2 จุดครับ ซึ่งแต่ละจุดจะแตกต่างกันอยู่ในที่นี้ผมขอพูดถึงผลของการนำ Output ออกมาจากจุด Out2 ก่อนนะครับ



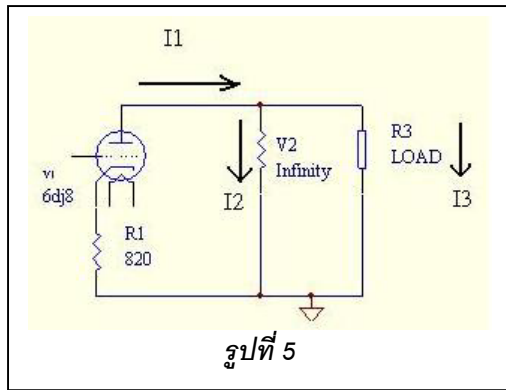
การนำ Output จากจุดนี้ไปนั้น เราจะเห็นได้ว่าจุดที่ออกมานั้นจะอยู่ที่ Plate ของหลอด V1

เรามาดูหลอดที่ 2 กันดีกว่าครับ ว่ามันประพฤติตนอย่างไรบ้าง ซึ่งการประพฤติตนของหลอดที่ 2 นั้น การไหลของกระแสจะถูกควบคุมโดย R2 ถูกไหมครับ เพราะเนื่องจากเป็นวงจร Self-bias เวลของแยกมันออกมาดังนี้ครับ (รูปที่ 3)

พอจะเห็นไหมครับว่า การไหลของกระแสที่หลอดบนนั้น V_g ที่เป็นตัวกำหนดของการไหลของกระแสจะขึ้นกับกระแสที่ไหลจากหลอดบนที่ผ่าน R_k เท่านั้น ดังนั้นตัวมันจะขับกระแสคงที่อย่างเดียว โดยที่หลอดล่างนั้นเมื่อมี Voltage Swing แล้ว ก็จะทำให้เกิดการสวิงของสัญญาณอย่างเดียว เนื่องจากหลอดตัวบนถูกควบคุมกระแสอยู่ ที่นี้เรามาดูการไหลของกระแสดีกว่าครับ



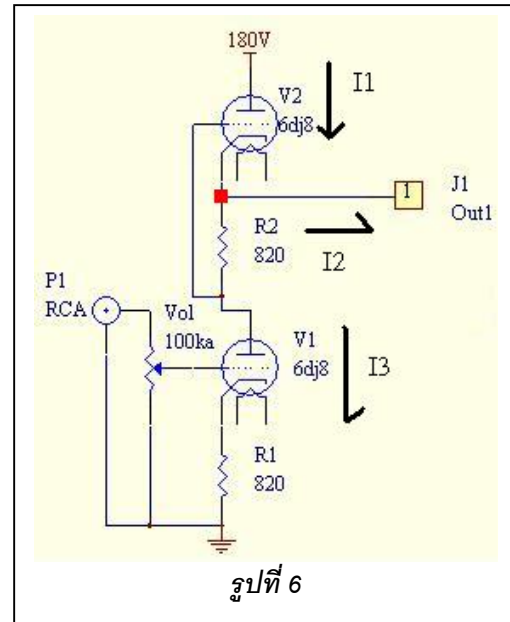
จากรูป (รูปที่ 4) จะเห็นได้ว่ามีกระแสไหลจากหลอดบนมา คือ I_a ซึ่งกระแสตัวนี้เป็นกระแสคงที่ ที่มาจากหลอด V2 ไปยังจุดแดง โดยจากจุดแดงจะมีกระแสไหลออกไป 2 เส้นคือ I_c และ I_2 โดย C_1 นั้นทำหน้าที่นำสัญญาณ DC ออกไป ดังนั้นเราจะสามารถมองได้ว่า หลอดตัวล่างกำลังขับ Load R_3 อยู่อย่างเดียว เนื่องจากกระแสของ I_a มีค่าคงที่ตลอด และแบ่งเป็นสองทางคือไปยัง V1 และ R_3 ซึ่งเมื่อพอมองจากหลอดล่างจะเห็นเป็นดังนี้ครับ



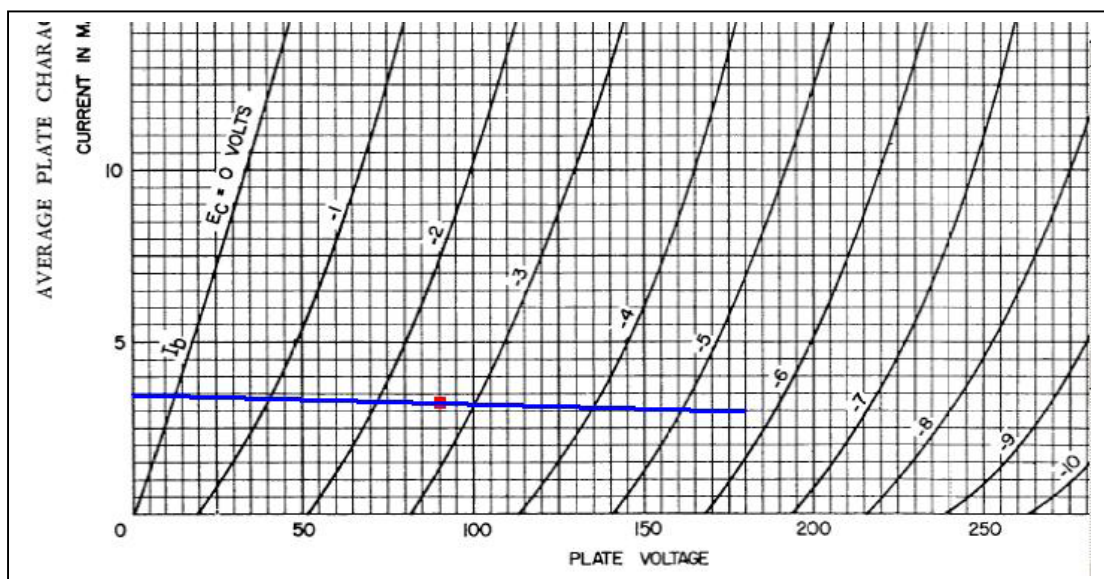
จากรูปนี้ (รูปที่ 5) นะครับจะเห็นได้ว่าหลอด V1 นั้นแบกภาระในการขับโหลด R3 อย่างเดียว เนื่องจากกระแส I2 นั้นมีค่าเป็น 0 ดังนั้นกระแสไหลผ่าน I3 อย่างเดียวดังนั้น Loadline จริงๆ แล้วจะเป็นดังนี้ครับ ซึ่ง Slope ก็คือค่าความต้านทาน Load ครับ

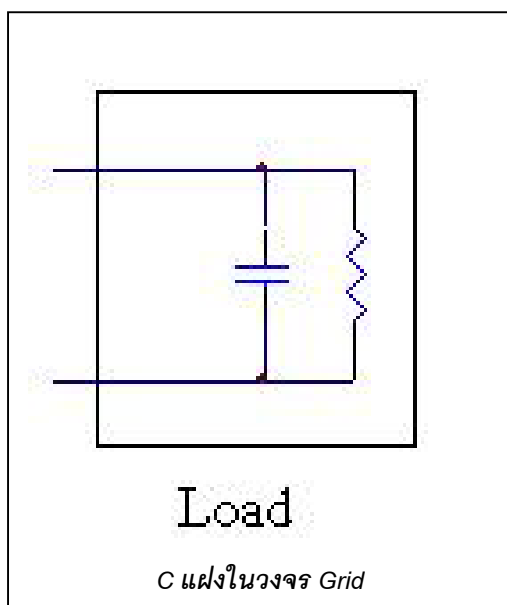
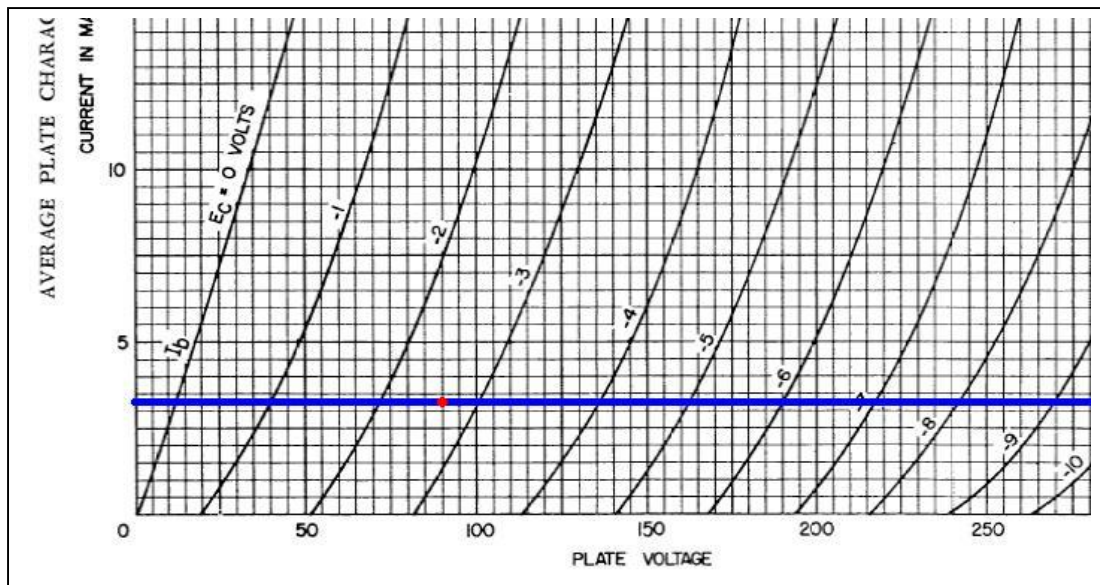
เอาละครับ ที่นี้เรามาดูแบบการเอา Output ออกจากจุด Out1 กันดีกว่าครับ จากตรงนี้ก็คงต้องขอให้มองที่จุดแดงอีกแล้วอย่างเดิมเลย ครับ (รูปที่ 6) $I_1 = I_2 + I_3$ แล้วที่นี้มันจะแตกต่างกันอย่างไรลองดูนะครับ เราารู้อยู่แล้วว่า การควบคุมการไหลของกระแสของหลอด V2 นั้น เกิดจาก Vg ที่เนื่องมาจากกระแสที่ไหลผ่าน R2 โดยเจ้าหลอดนี้จะควบคุมการไหลของเจ้ากระแสที่ผ่าน R2 ถ้าเกิดกระแสไหลน้อยลงเมื่อใด Vg ก็จะมีค่าลดลง เมื่อ Vg มีค่าลดลงจะทำให้กระแสไหลมากขึ้น ซึ่งเป็น

การชดเชยไปในตัว จนกระแส I3 ที่ไหลผ่านมานั้นเรียกว่ามีค่าคงที่ก็ได้ ดังนั้นเจ้าหลอดตัวล่างก็จะมองเห็นเป็นความต้านทานคงที่อย่างเดียวดังนั้น Loadline ของหลอดตัวล่างก็จะเป็นเส้นตรงอย่างที่เห็นครับ



เอาละครับพอจะเห็นความแตกต่างแล้วใช่ไหมครับ ที่นี้ถามว่ามันจะมีผลต่อเสียงหรืออะไรอย่างไรจากเจ้าสองแบบนี้ เรามาดูกันครับว่า เจ้า Load นั้นคืออะไรบ้าง ไข่แล้วครับมันก็คือ Grid ของภาคถัดไปนั่นเองซึ่งเจ้า Load ตัวนี้นั้น ก็จะมี C แฝงอยู่ด้วยซึ่งจะมองได้ดังรูปครับ





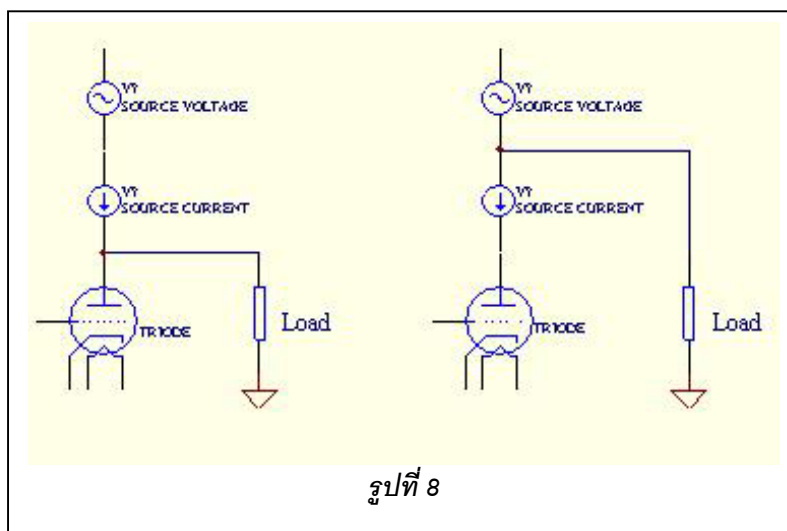
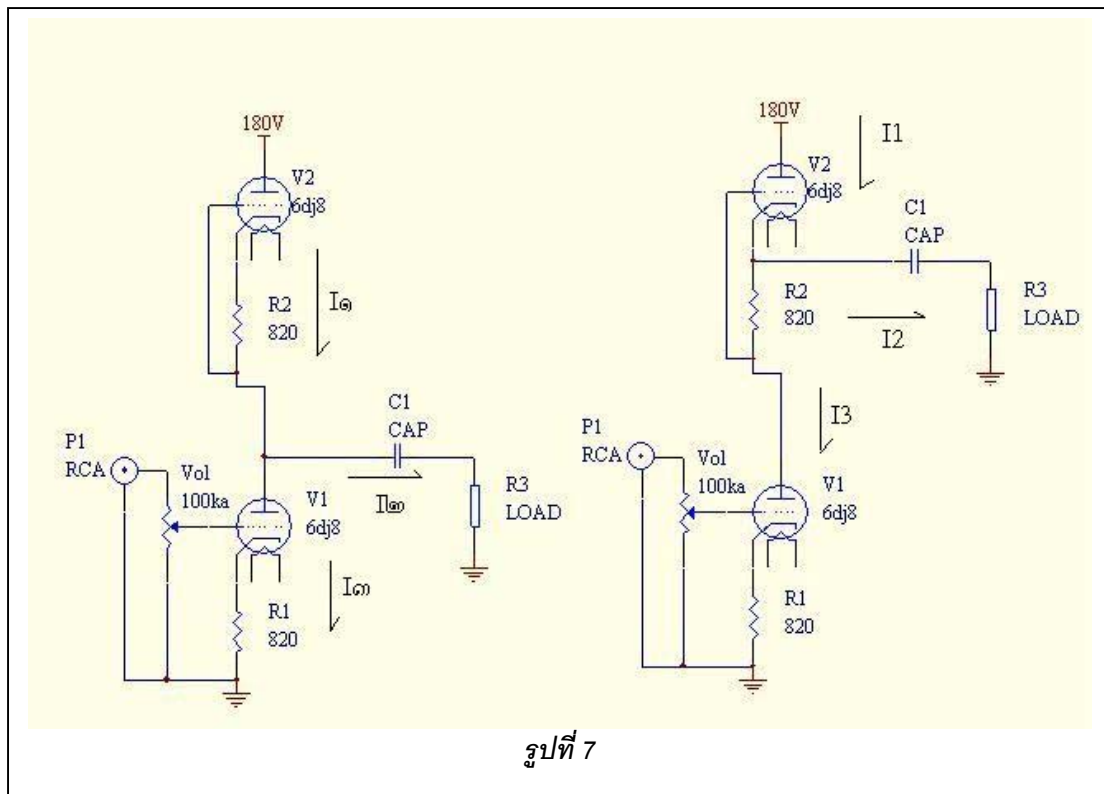
เจ้า C ตัวนี้แหละครับที่จะเป็นตัวทำให้ความคมชัดหายไป อย่างที่เราทราบกันดีครับว่าการที่จะให้ C มีค่า Volt ขึ้นมาค่าหนึ่งนั้น ต้องใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เพื่อการ Charge ประจุเข้าไป ดังนั้นเรามาดูรูปความแตกต่างของสองวงจรกันครับ

ผมเอา 2 รูปนี้มาเปรียบเทียบให้ดูนะครับ (รูปที่ 7, 8) ว่าจะเป็นอย่างไหน จากด้านซ้ายนะครับ จะเห็นได้ว่า Load อยู่หลัง Current Source ซึ่งจะทำให้การ Charge ประจุใน C นั้นช้ากว่า เนื่องจากค่า I มีค่าคงที่ ต้องใช้เวลาชั่วกระยะหนึ่ง ทำให้รูป

สัญญาณผิดเพี้ยนไป ส่วนทางด้านขวานั้น Load จะอยู่เหนือ Current Source และได้รับอิทธิพลจากแหล่ง Voltage Source ด้วย ทำให้รูปสัญญาณเหมือนเดิม เพราะมันจะพยายามรักษาระดับ Voltage ให้คงที่ จึงมีการจ่ายกระแสชดเชยเข้าไปใน C เพื่อให้ถึงระดับแรงดันที่ต้องการ

ที่นี้เรามาพูดถึงแนวเสียดกันบ้าง วงจรทางซ้ายมือ นั้น ถ้าเทียบกับ RC ธรรมดาแล้ว รายละเอียดดีกว่าครับ แต่เมื่อเทียบกับทางขวาแล้ว ขวาจะสด จัดกว่า Dynamic ดีกว่า แต่ด้านซ้ายจะเรียบ เนียนกว่าครับ ทั้งนี้ขึ้นกับความชอบของแต่ละคนครับ

เอาละครับ พูดกันเรื่อง SRPP มาชะยาวจนน่าเปลี่ยนหัวข้อเป็น SRPP คืออะไรได้แล้ว แต่ประเด็นที่ผมสงสัยอยู่ที่ตรงนี้ครับว่า หลอดบนเป็นหลอด Constant Current Source ตลอดเวลาหรือเปล่า? เริ่มจากการที่เมื่อตอนไป SOD ที่บ้านคุณเชษฐี แล้วมีประเด็นว่าเมื่อต่อวงจร SRPP เข้ากับลำโพงพวกฮอร์นแล้ว จะมีเสียงซิบๆ ออกมาครับ ซึ่งก็น่าสงสัยสำหรับผมว่า ทำไมถึงได้มีเสียงเช่นนั้นออกมา ต่อมาเมื่อผมลองวิเคราะห์หัดแล้ว ผมคิดว่าเจ้าวงจร SRPP นั้น หลอดบนไม่ได้ประพฤติตนเป็น Constant Current Source ตลอด อาจจะมีช่วง



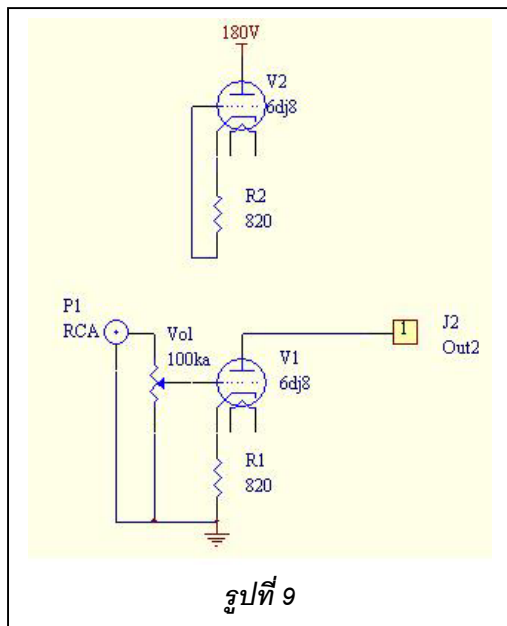
เมื่อหลอดล่างสวิงลง แสดงว่าตัวหลอดล่างต้องการกระแสมากขึ้น เพราะ R เสมือนลดลง แต่เนื่องจากหลอดบนไม่มีการสวิง กระแสจึงถูกจำกัดที่หลอดบนอยู่ ทำให้มีกระแสไหล 3.3mA เท่าเดิม แต่ V ที่ Plate หลอดล่างมีค่าลดลง เนื่องจากกระแสเท่าเดิมแต่ R เสมือนมีค่าลดลง ทำให้ได้ V

แปลกๆ นะครับ แต่ไหนๆ ก็คิดมาแล้ว เก็บไว้ก็อัดขึ้น ลองมาดูแนวคิดของผมหน่อยละกัน

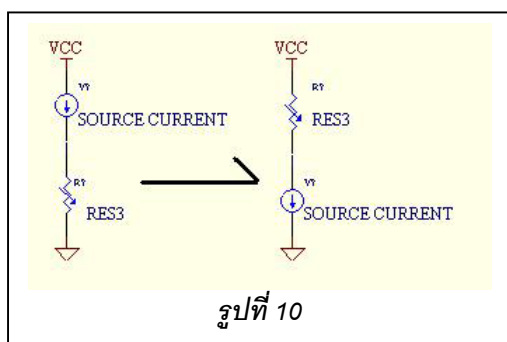
ผมขอยกตัวอย่างจากรูปนี้ (รูปที่ 9) แล้วกันนะครับ เนื่องจากสองหลอดนี้นั้นอยู่ในจุด Bias เดียวกันเพราะว่ามี R_k เท่ากัน ดังนั้น V_p จึงมีค่า 90V โดยประมาณ (ไม่นับ V ที่ตกคร่อม $R_{Cathode}$ นะครับ) โดยแต่ละส่วนเมื่อมาพิจารณาแล้วพบว่าจะมีกระแสไหลอยู่ที่ประมาณ 3.3mA

ลดลงด้วย จาก $V=I \times R$ จากจุดนี้ก็จะเห็นว่าหลอดบนยังทำหน้าที่เป็น Constant Current Source อยู่ เพราะที่จุดสมมุติว่า V_p เท่ากัน หลอดล่างต้องการกระแสมากกว่า แต่เมื่อหลอดล่างสวิงขึ้น แสดงว่าหลอดล่างนำกระแสได้น้อยลง เพราะ R เสมือนเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสที่หลอดล่างมีค่าน้อยกว่า กลายเป็นว่าหลอดล่างมีสถานะเป็นตัวจำกัดกระแสไป ซึ่งทำให้หลอดบนไม่ใช่หลอด Constant Current

Source อีกต่อไปแล้ว ที่ผมเสนอแนวคิดลักษณะนี้ เพื่อจะนำไปสู่วงจรที่จะนำเสนอต่อไปนี้ครับ

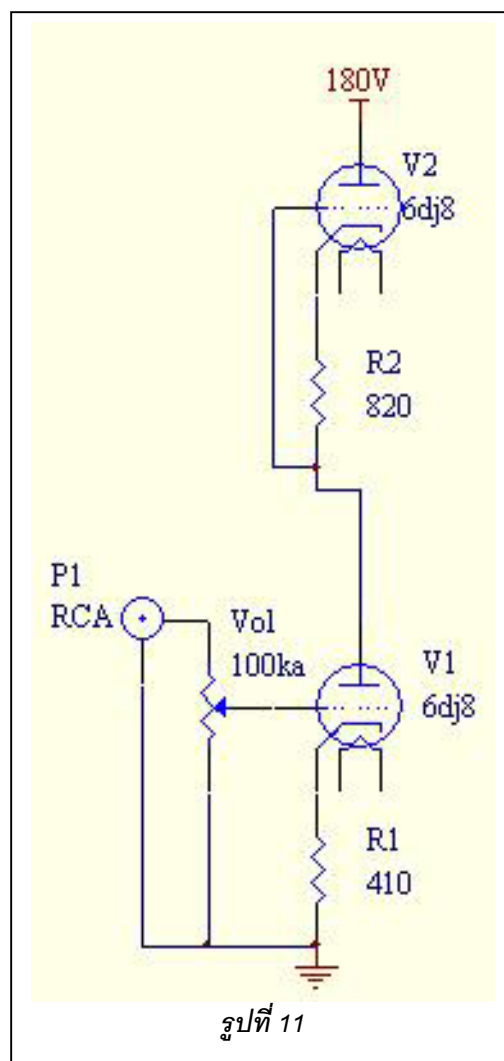


จากจุดนี้เอง (รูปที่ 10) จึงอาจทำให้เกิดคำถามที่ว่า แล้วกระแสที่เปลี่ยนแปลงไปไหน? หรือการที่สถานะเปลี่ยนทำให้เกิดอะไรขึ้น เมื่อเรามอง Load จะพบว่าเมื่อเป็นสถานะดังรูปขวามือแล้วพบว่าหลอดเราไม่ได้จ่ายกระแสคงที่แล้ว กลับกลายเป็นหลอดล่งที่จ่ายกระแสคงที่แทน นั้นหมายถึงกระแสจริงไม่ได้คงที่อีกต่อไป แต่จะเป็นแบบไหนล่ะ ก็คือหลอดบนจะประพุดติเหมือน R ปรับค่าได้แทนหลอดล่ง ซึ่งกลับกันกับเมื่อ



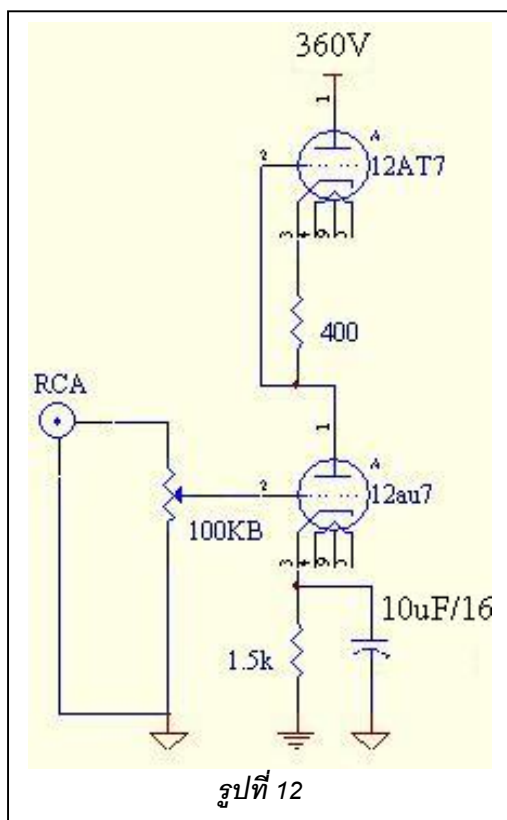
ที่นี้จะอย่างไร เราต้องรู้ครับว่าวงจร SRPP ให้อะไรกับเรา ใช่ครับ Constant Current Source นั่นเอง ดังนั้นเราต้องปราบมันให้อยู่หมัด

ครับ กล่าวคือ บังคับให้หลอดบนเป็น Constant Current Source ให้ได้ ดังนั้นเพื่อให้การสวิงของหลอดล่งไม่เป็นการเปลี่ยน Mode ของหลอดบน นั้น จะต้องอยู่บนเงื่อนไขที่ว่า เมื่อแบ่งออกมาคิดทีละส่วนแล้ว หลอดล่งต้องไม่กินกระแสมากกว่าหลอดบน กล่าวคือทำให้หลอดล่งมีค่า R เสมือนน้อยกว่าหลอดบน ดังนั้นผมจึงทำอย่างนี้ครับ (รูปที่ 11)



ครับ จะเห็นได้ว่าเราทำการเปลี่ยน R Cathode ไปเหลือครึ่งหนึ่งแล้ว เมื่อเราแยกออกมาทำการคำนวณก็จะได้ว่า ซีกล่งต้องการกระแสมากกว่าใช้ไหมครับ และเนื่องจาก R Cathode มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของหลอดบนแล้ว V_p ที่หลอดล่งจะน้อยกว่า V_p ที่หลอดบนเท่าตัว จากจุดนี้ผมวัด

V ที่จุดเพลทกลางได้ประมาณ 58V และ V ที่คร่อมหลอดบนประมาณ 117V จะเห็นได้ว่าเป็นสัดส่วนพอดี ส่วนเสียงนั้น ต้องบอกว่านุ่มลงครับ ไม่ได้กร้าน แต่ก็มีพิกัดที่ให้ความเห็นว่า อาจมาจากการที่เราลด Voltage ให้ต่ำลง ซึ่งอาจเป็นไปได้ครับ นี่กำลังจะยกไปขับฮอร์นสักหน่อย ดูว่ามีเสียงซิปๆ ไหม เราลองมาดู Config นี้กันครับ ถึงแม้ว่าหลอดตัวนี้จะสวิงไปข้างบนแล้ว แต่ถ้าเมื่อแยกค่านวณแล้วจะพบว่าสามารถสวิงไปได้ถึงค่าหนึ่ง (คือค่าที่เมื่อแยกสองส่วนออกมาค่านวณแล้ว ปรากฏว่าหลอดล่างกับหลอดบนต้องการกระแสเท่ากันพอดี) ซึ่งจะทำให้หลอดบนมีสถานะเป็น Constant Current Source ตลอดเวลาไม่เปลี่ยนแปลงไปมาเหมือนกับแบบเก่า แล้วถามว่าอย่างนี้หลอดบนกับหลอดล่างไม่จำเป็นต้องเป็นเบอร์เดียวกันสิ ถูกแล้วครับ เราลองมาดูตัวอย่างอีกวงจรหนึ่งนะครับ



เอาละครับ จากรูป (รูปที่ 12) เราก็มากำหนดก่อน กล่าวคือออกแบบให้สมมติว่า เมื่อแยกสองส่วนออกจากกันแล้ว เมื่อสมมติให้ V_p เท่า

กันต้องมีกระแสไหลเท่ากัน ซึ่งจากรูปเราก็จะได้เท่านี้ครับคือ R_k 12AT7 400 Ohm หลอดล่าง R_k 12AU7 1.5k เมื่อลองไปหาจุดการทำงานแต่ละซีกจะพบว่า มีกระแสไหลประมาณ 5mA พอดี เสริจแล้วก็ลดค่า R_k ของหลอดล่างครับ จะเอาให้เหลือ 750 Ohm ก็ได้ แต่เนื่องจากผมไม่ได้ต้องการสวิงมาก จึงลดเหลือ 1k พอครับ ซึ่งเมื่อวัด V ที่ขั้ว Plate แต่ละจุดแล้วได้ V ที่เพลท 12AU7 ประมาณ 160V ที่เพลท 12AT7 ประมาณ 200V จากการทดสอบการฟังเสียงแล้ว พบว่าเมื่อเปลี่ยนค่า R เป็น 1k แล้วรู้สึกว่าเสียงเสียมันน้อยลงครับ จะเรียกว่าเนียนลงไปก็ได้ แต่ยังคง Dynamic ดี ซึ่งคงต้องรอไปขออนุเคราะห์ขับเจ้า Horn ชักตัวละครับ

ปล. เนื่องจากว่าการต่อลักษณะนี้จะทำให้ระดับไฟเลี้ยงได้หลอดต่างกับไฟเลี้ยงวงจรรวม อาจทำความเสียหายกับหลอดได้ จึงอยากแนะนำให้ยกระดับไฟเลี้ยงได้หลอดไว้ด้วยนะครับ



เครื่องต้นแบบตามวงจรรูปที่ 12
สร้างบนไม้อัดตามสโตร์



ขณะใช้งานใน System

DITC DAC In The Chest

My Another Version of Non-OS DAC

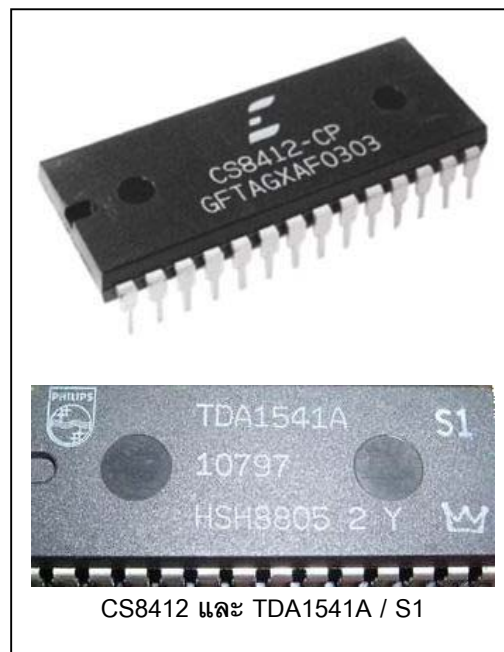
ผู้เขียน : มนต์สรรค์ โสธรวิทย์

ปีนี้ผมแทบไม่ได้สร้างอะไรใหม่เลย ก็เลยต้องเอาของเก่ามาขายกันนะครับ ก็ยังเป็นเรื่องของ Non-OS DAC ครับ เป็นอีก Version หนึ่งที่ผมสร้างขึ้นมาให้เพื่อนนักเล่นคนหนึ่ง ซึ่งค่อนข้างน่าสงสัยครับ เพราะพยายามสร้างเองมาแล้ว 2 รอบ งานบัดกรีก็ออกจะเนี้ยบ แต่มันไม่ยกะร้องเพลงให้ฟังซะที เอามาให้ผมช่วยไล่วจร ผมก็ไล่ไม่เจอเหมือนกันว่าทำไม ทั้งที่เป็นวงจรที่ผมออกแบบเองแท้ๆ แกมพอให้ยืมตัวของผมไปฟัง ป๊าด!! พอแปลกที่หน่วยก็ดันไม่ยอมทำงานซะอีก (กลับบ้านผมมาแล้วก็ยังไม่ยอมทำงาน นี่ว่าจะส่งบิลไปเก็บค่าซ่อมอยู่ 555) บ้านเพื่อนผมคนนี้นี่มัน “โรงเชือด DAC” โดยแท้ สุดท้ายก็ “มาพี ผมทำให้ดีกว่า” มาดูกันซิว่าอาถรรพณ์โรงเชือดจะยังเขียนอีกหรือไม่? แล้วก็ได้ Non-OS DAC Version นี้ออกมาครับ ซึ่งใส่ไว้ในหีบไม้สัก เพราะคุณเจ้าของแกดันไปติดใจ DAC ของคุณประดิษฐาที่ใส่ในกล่องไม้ลักษณะนี้เช่นกัน ชื่อโครงการที่เว็บเข้ามาในหัวผมเมื่อแรกคิด ก็คือ DITB DAC-In-The-Box แต่มันจะไปเข้ากับของ Audio Alchemy ที่มีขายอยู่แล้ว ก็เลยเล่นคำซะหน่อยเป็น DITC (Non-OS) DAC In The (Teak) Chest ครับ



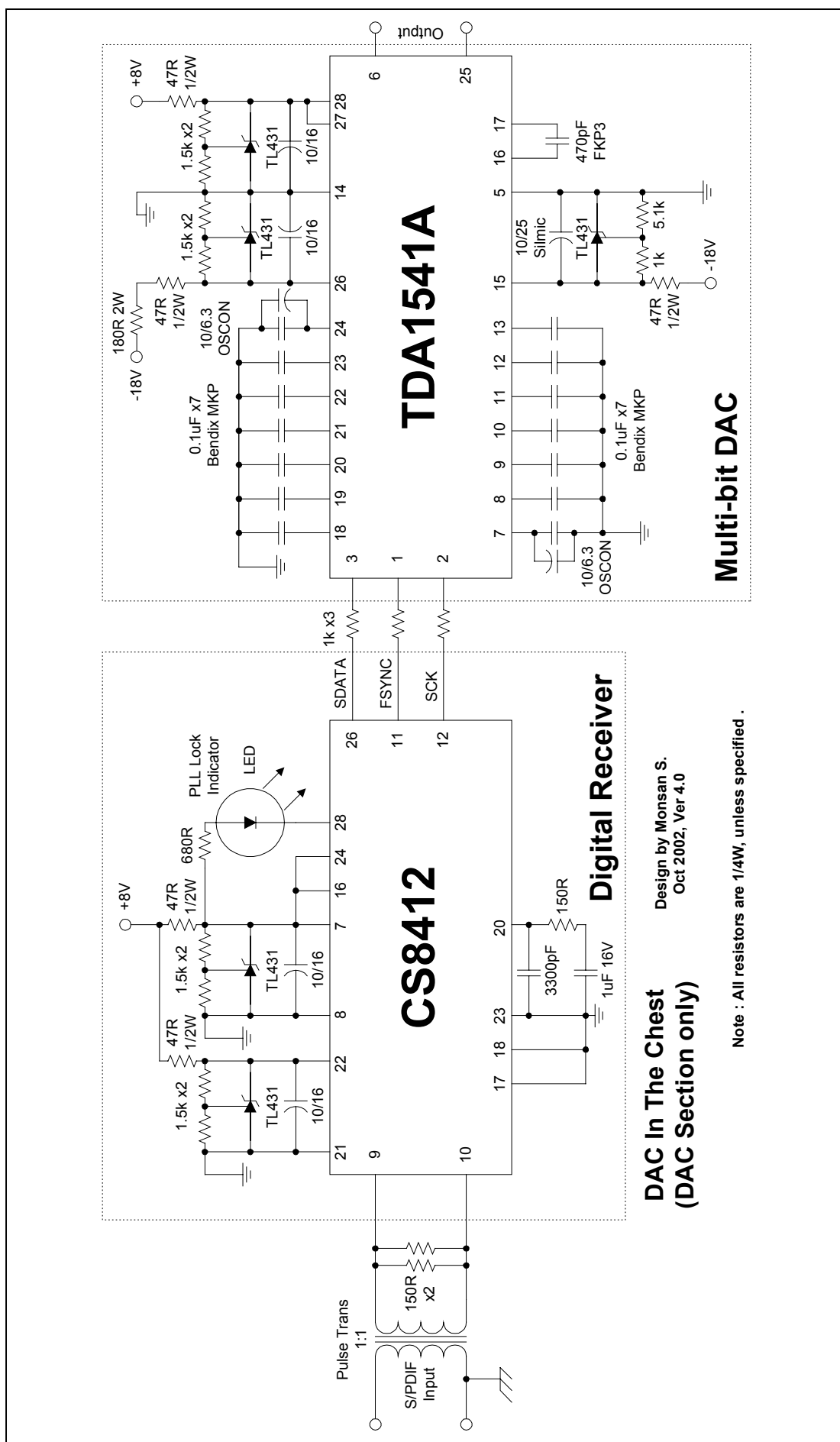
DAC In The Chest

อย่างที่เกริ่นไว้ก่อนแล้วว่าไม่มีอะไรใหม่ครับ (เริ่มต้นแล้วนั่นแหละ ฮา...) ภาค Digital ยังเป็น Digital Receiver CS8412 กับ DAC TDA1541A วงจรเดิมกับที่เคยลงใน YB2002 มีการปรับปรุงเล็กน้อยจนถึง PCB Version 4.0 แล้วผมก็ใช้ไว้ตรงนั้นมารวม 2 ปีแล้ว ส่วนภาค Analog ก็ใช้ Step-up Transformer กับหลอดเบอร์ #27 Inductive Load Anode Follower ซึ่งเป็นวงจรเก่าที่ผมเคยใช้ตั้งแต่ DAC AD1865 ตัวแรกสุด แต่มีการปรับปรุงเล็กน้อยจากเดิมเป็น Resistive Load มาเป็น Inductive Load ใน Version นี้ เพื่อคุณภาพเสียงที่ (หวังไว้ว่าจะ) ดีขึ้น



CS8412 และ TDA1541A / S1

วงจรส่วน DAC นี้ ดูเผินๆ แทบไม่ต่างกับวงจรเดิมที่ลงใน YB2002 เลย ใช่ครับ... มันไม่ต่างกันเลยแหละ มีจุดที่ผมแก้ไขเพิ่มลงไปแค่ 3-4 จุดเท่านั้นเองครับ (ใครเป๋อวงจรนี้แล้ว รอปีหน้านะครับ จะเอาของใหม่มาให้เล่นกัน)

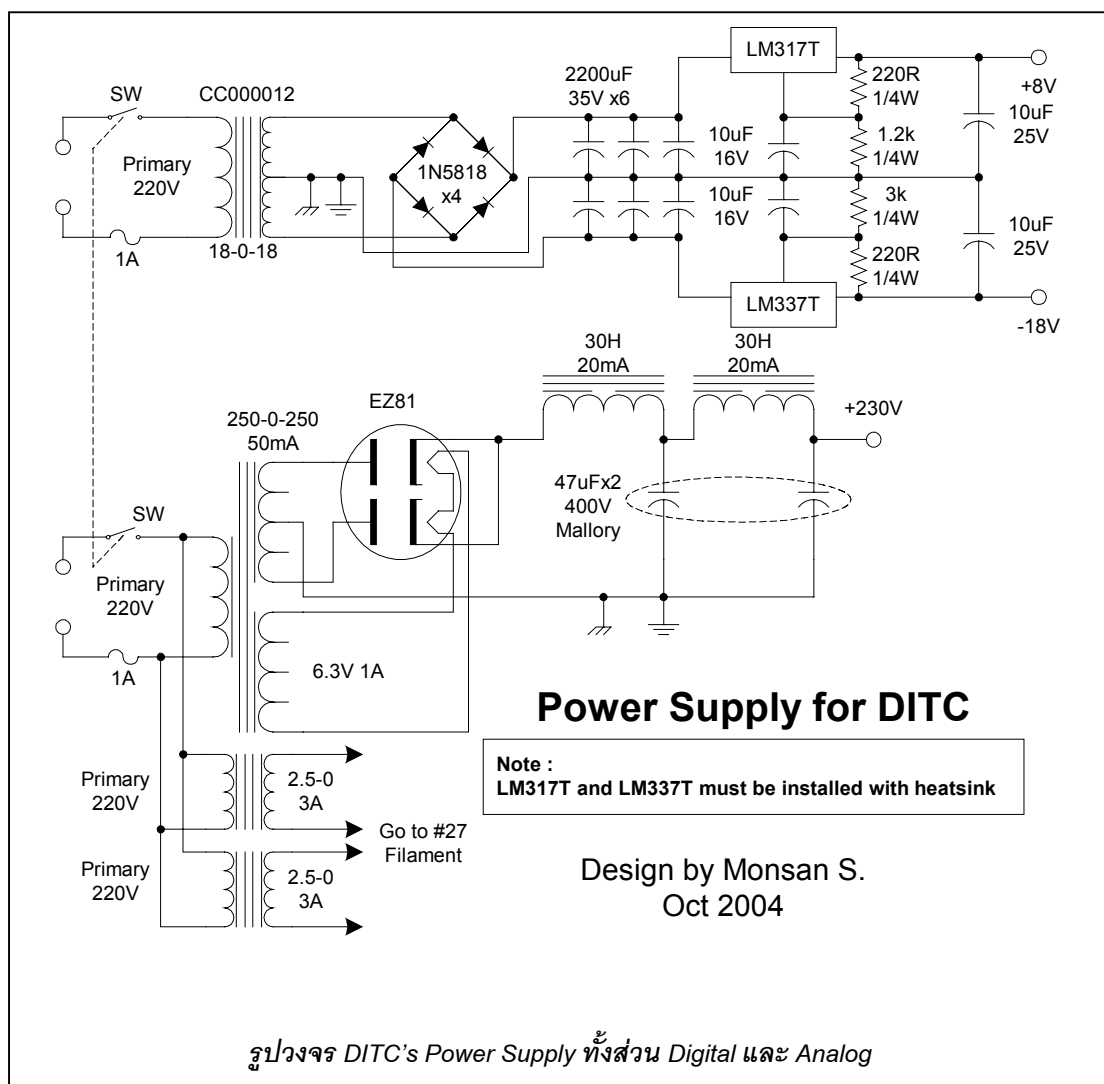


1. แก้ Digital Power Supply โดยการลดความซับซ้อนลง (จะได้ไม่กินที่นักนะครับ) จากเดิมที่ใช้ C ค่ารวมกันเกือบ 100,000uF และ Common-Mode Choke อีกหลายตัว ก็เหลือแค่ C 10,000uF กว่าๆ เท่านั้น
2. แก้ไข PLL Filter ที่ขา 20 ของ CS8412 โดยใส่ C 3300pF เพิ่มเข้าไป และปรับค่า Filter ชุดเดิมเล็กน้อย เพื่อลด Noise ในวงจร PLL
3. เพิ่มเติม R 1k เข้าไประหว่างการเชื่อมต่อ CS8412 กับ TDA1541A เพื่อลดปริมาณกระแสที่วิ่งระหว่าง IC ทั้ง 2 ทั้งนี้เนื่องจากผมใช้ Ground Plane เป็น Return

Path ของกระแสที่วิ่งระหว่าง IC ทั้ง 2 จึงต้องพยายามลดกระแสลง เพื่อไม่ให้ Ground Plane ปลอยคลื่นออกมาจนเกินไป

ผมแก้มันพร้อมๆ กันหมด ก็เลยมาเล่าให้ฟังไม่ได้ว่าแต่ละข้อมีผลอย่างไรต่อเสียงนะครับ ยกเว้นข้อ 2 ที่ผมได้ลองจูนกับ DAC ตัวอื่นๆ ด้วย พบว่า Background Noise จะลดลงนิดหน่อยครับ

วงจรส่วน Digital ก็ประกอบบน PCB แผ่นเดียว รวมไว้ตั้งแต่ภาคจ่ายไฟ, Fuse จนออกมาเป็น Analog Output เลย (Current) อุปกรณ์ก็พยายามใช้ของพื้นๆ ปนกับเกรดดีที่ยังพอหาได้ C Electrolyte เป็น SILMIC และ OS-CON C Plastic ก็พวก WIMA MKP-10, FKP-3 และ Bendix ใน



ตำแหน่ง Decoupling ของ TDA1541A ทั้ง 14 ตัว R ส่วนใหญ่เป็น Royal Ohm Metal-Film 1% ปนกับ Dale และที่พอมิเก็บไว้บ้าง Socket เล็กใช้แบบขากลม ถึงจะแพงกว่าแบบธรรมดาบ้าง แต่ก็พอจ่ายได้เพื่อแลกกับความแข็งแรงครับ Pulse Transformer ก็พันขึ้นมาเอง จากแกน Toroid



วงจรส่วน Digital สร้างบน PCB

15mm OD 7.5mm ID ใช้ Wirewrap เบอร์ #24 พัน Bi-Filar ประมาณ 20 รอบ ก็ใช้งานได้แล้วครับ ในวงจรไม่ได้แสดง C Chip ไว้ด้วย ผมใช้ C Chip 0805 ค่า 0.01uF ต่อเป็น Decoupling ไว้ที่ขา Power Supply ของ CS8412 และ TDA1541A ด้วย รวม 5 ตัว ตอนนี้นั่งไม่ได้ใส่วงจร Reclock เข้าไปด้วย อันที่จริงพื้นที่ก็พอให้เสียบเข้าไปได้ แต่ด้วยความที่ผมอยากให้เพื่อนเอาไปลองฟังดูก่อน จะได้รู้ว่าใส่ Reclock แล้วได้อะไร-เสียอะไร เป็นประสบการณ์การฟังด้วย ก็เลยเอาไว้อีกซักครั้งปีค่อยเจอกันใหม่ละกัน

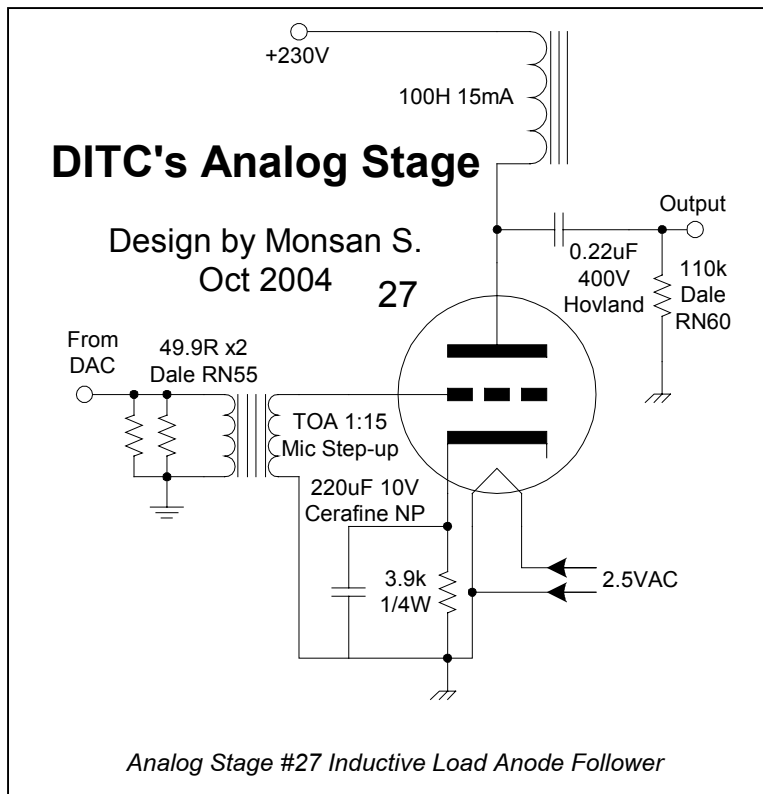
วงจรส่วน Analog Stage ก็เป็นวงจร #27 Inductive Load Anode Follower โดยมี Choke 100H 15mA เป็น Load ของหลอด ทำงานที่ B+ 230V และ Plate Current ประมาณ 5.8mA ดูจาก Datasheet แล้ว อาจจะคิดว่า จะฆ่ากันให้ตายเลยเหวอ เพราะแต่ละค่าเกือบๆ จะถึงค่า Maximum Rating ทั้งนั้นเลย ก็ประมาณนั้นแหละครับ เพราะเมื่อครั้งที่แล้วผมเคย Run แค่ B+ 150V Plate Current 4.5mA ฟังแล้วจะหลับให้ได้ คราวนี้มีโอกาสแก้ตัวก็เลยหัดซะหน่อย ซึ่งผลออกมาก็น่าพอใจครับ กระฉับกระเฉงหน่อย และที่สำคัญ

หลอดไม่ร้อนอย่างที่คาดไว้ครับ ฐานหลอดยังพอจับได้อยู่เลยแม้จะเปิดไปเป็นชั่วโมงแล้ว ผมก็เลยยืนจุดทำงานนี้ไว้เลย ที่เหลือเป็นภาระเจ้าของไปหาหลอดใส่เองแล้ว ถ้าหลอดหมดอายุใช้งาน 555



Medallion 2 กับ Lowther EX-3
ก้อนๆ บนลำโพงก็คือ Tamura F-7003

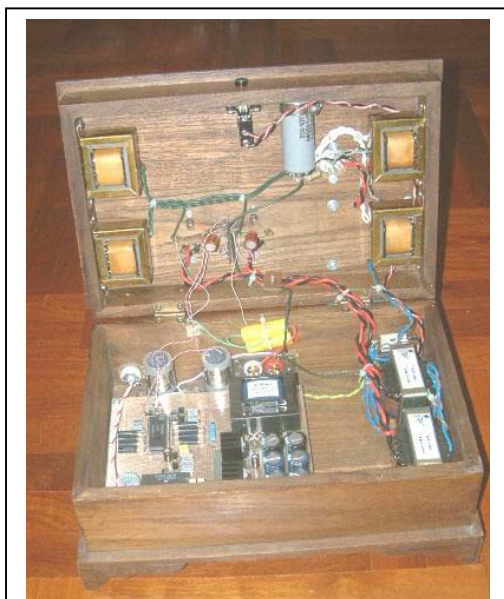
อันที่จริงแล้ว มีวงจร Integrated Amp อีก 1 วงจรที่ถูกรออกแบบมา (หวัง) ให้ Match Tonal Balance กับ DAC ตัวนี้ด้วย (ใช้ขับ Lowther EX-3 in Medallion 2 Horn Cabinet) แต่ตอนนี้ยังเป็นรุ่นอยู่เลย ปีนาค่อยขอคุณเจ้าของเค้าเอามาลงอีกทีนะครับ ตอนแรกเราก็เลือกๆ กันอยู่หลายหลอด ไล่กันตั้งแต่ ECC82, 6072A, 18042, 6SJ7, WE417A ไปจนถึง 10Y, 45 โน่นเลย ซักจะไปกันใหญ่แล้ว อีกเดียวคงเลยเถิดไปถึง 2A3, 300B แน่ จัด Tonal Balance แบบจินตสดับกันอยู่พักใหญ่ ในที่สุดห่วยก็มาออกที่ 27 ครับ โดย



ของสัญญาณก่อนเข้า Grid ของหลอด และเพื่อแยก Ground ของวงจร Digital และ Analog ออกจากกัน ผมได้พยายามทดลองวิธีการอื่นๆ ที่จะไม่ต้องใช้ Step-up Transformer มาหลายแบบแล้ว ก็ยังไม่ประสบผลที่น่าพอใจซะที ก็ต้องกลับมาใช้แบบเดิมอีกละ คราวนี้ผมได้ 150:50k Mic Step-up Transformer (ประมาณ 1:18 Step-up) ของ TOA Electric เบอร์ 1110 มา ซึ่งก็ไม่ว่าไปเกี่ยวกับสีทาบ้านอย่างไร? แต่ TOA รายนี้ผลิตอุปกรณ์ Studio

ที่ Integrated Amp จะเป็น WE417A Drive #45 ซึ่งอันนั้นค่อยมาดูกันอีกทีว่าจะเป็นยังไง

I/V Converter ผมยังยึดสไตล์เดิมคือ ใช้ R เป็น I/V Converter แล้วใช้ Step-up Transformer ประมาณ 1:10 - 1:15 เพิ่มความแรง



การเดินสายเชื่อมต่อ ภายในกล่อง

และงาน PA ขึ้นเยี่ยมในญี่ปุ่นมาหลายสิบปีแล้ว พลิกมาดูที่หัวก็ไปเจอ IT-174 JUNE 70 TAMURA เข้า อ้อ! เบื้องหลังอยู่นี่เอง ขนาดของหม้อแปลงตัวนี้ใหญ่กว่าหลอด Miniature 9-Pin (เช่น ECC82) เล็กน้อยและมี 9 ขา เสียบบน Socket 9-Pin Miniature ได้พอดี แต่ผมเลือกยึดหม้อแปลงด้วย Clamp รัต C และบัดกรีสายต่อที่ขาหม้อแปลงโดยตรงเลย เสียตายเหมือนกันที่ต้องคว่ำหัวลง ทำให้คำว่า "JUNE 70 TAMURA" อดแสดงความขลัง แต่ก็แลกมาด้วยการประหยัดทั้ง Socket และหลอด



TOA 150:50k Mic Step-up Transformers



ตราปั๊มรับประกันคุณภาพ

หน้าสัมผัสในวงจรลงด้วย ผมกะเอาว่าค่าของ R I/V อยู่ประมาณ 10-25 Ohm น่าจะกำลังสวย สำหรับอัตราขยายรวมของ Step-up Transformer และ Analog Stage ผมเลือกใช้ Dale RN55 (CMF Military Series) ค่า 49.9 Ohm 2 ตัวขนานกัน โดยต่อ R ทั้ง 2 ให้กลับหัวกลับหางกัน (69...555) และหวังว่าสัญญาณรบกวนต่างๆ ซึ่งเป็นผลจาก Inductance แฉงใน R จะ Cancellation กัน แต่ก็ฟังไม่ออกครับว่ามัน Cancellation กันไหม อาจจะเป็นเพราะว่า R Series นี้ก็อยู่ในระดับ Very Low Noise ของ Dale อยู่แล้วก็ไม่ได้ อย่างไรก็แล้วแต่สุดท้ายผมก็กะผิด Output ของทั้งวงจรออกมาแรง



ติดตั้งไวโกลักับ TDA1541A ให้มากที่สุด



หลอด 27 มักจะเป็น Round Plate แบบนี้

กว่า CD-Player ปกติทั่วไปประมาณ 2 นาฬิกาของ Volume ที่ Amp ที่เดียว แต่ก็ข้างมันเถอะ เกินดีกว่าขาด แล้วก็ชี้เกียร์ R I/V มาเปลี่ยนแล้วด้วย

ภาคจ่ายไฟสำหรับภาค Analog ก็ยึดแนวอนุรักษนิยมครับ EZ81 Tube Rectifier ร่วมกับ Choke Input และ Filter LC อีก 1 ชุด ทั้งค่า Choke 30H 2 ตัวและ C 47uF อีก 2 ตัว ทำให้มั่นใจสุดๆ ว่าจะไม่ Hum ชักแะพะงอนออกมาจากลำโพงตอนเปิดเครื่องครั้งแรกอย่างแน่นอน คราวนี้แหละ มันต้องเป็นแรกพบที่ Perfect ระหว่างเราแต่ดันลืมลงกราวด์ใส่หลอด #27 ครับ คงไม่ต้องให้เล่าต่อนะครับ

สำหรับ Choke 100H 15mA และ 30H 20mA นั้น ครั้งแรกเพื่อนผมไปสั่งทำมา ปากกาวว่า

ตก Spec แบบนำเกลียด สั่ง 100H วัดได้แค่ 17H และ 30H วัดได้ 7H เท่านั้น ผมก็เลยออกแบบและสั่งให้ช่างพัน Dynamo แก้วบ้านพันให้ Spec เป็นดังนี้ครับ เพื่อใครจะอยากเอาไปพันเองบ้าง

Choke 100H 15mA (วัดได้ 97H)	
ชนิดแกนเหล็ก	S-14
ขนาดแกน	19 X 19
เบอร์ลวด	#44 SWG
จำนวนรอบ	9,000
Air-gap	ไม่มี แต่ใส่เหล็กปัก (Butt-Joint)

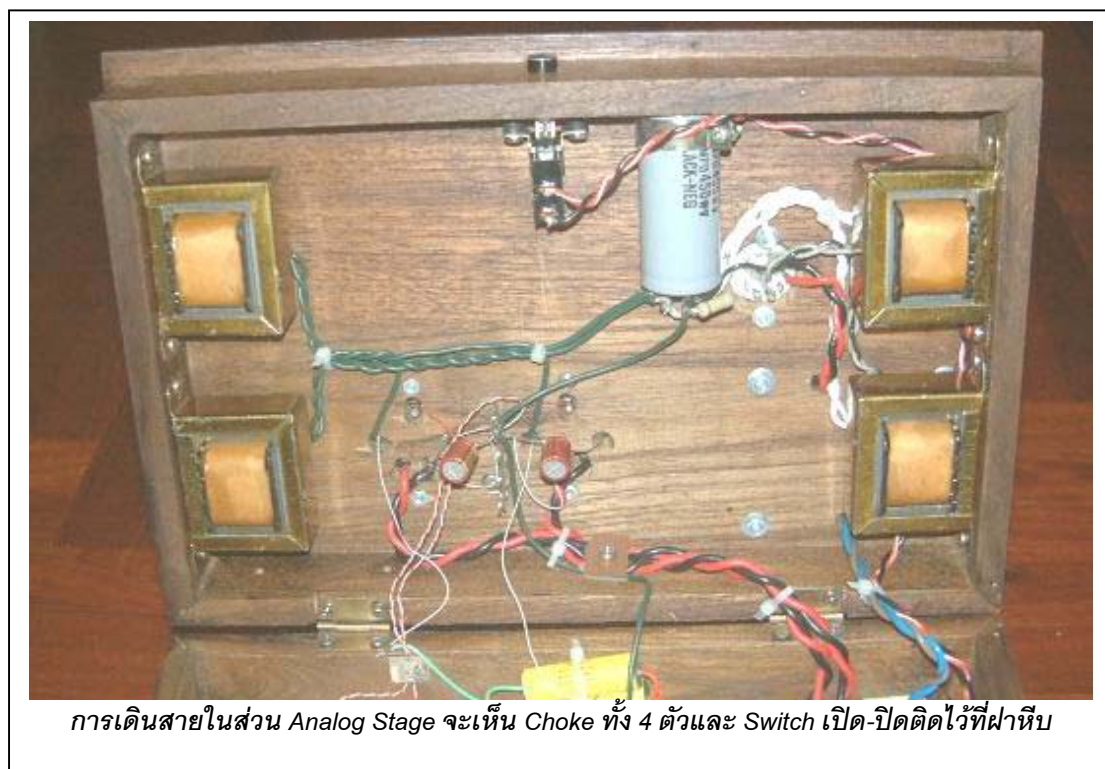
Choke 30H 20mA (วัดได้ 29.5H)	
ชนิดแกนเหล็ก	S-14
ขนาดแกน	19 X 19
เบอร์ลวด	#41 SWG
จำนวนรอบ	4,400
Air-gap	0.05mm (เยื่อกระดาษบางๆ)

Choke ทั้ง 2 ค่านี้ ไม่ได้พันเรียงเส้นรองจนวนเป็นชั้นๆ นะครับ ช่างเค้าไม่เอาด้วย ลวดมัน



#27 Globe โดยมากจะเป็น Mesh Plate

เล็กมากโดยเฉพาะเบอร์ #44 SWG ถ้าใครเคยพันหม้อแปลงมาบ้างคงพอจะทราบว่ามันแค่ว่า มือเราก็อาจจะกระตุกลวดขาดเอาได้แล้ว ก็เลยขอให้เค้าช่วยเกลี่ยลวดอย่าให้ซ้อนกันเป็นก้อนก็พอ สุดท้ายพันออกมาแล้วก็เกือบด้นแกนเหมือนกัน ก็เลยต้องบอกกันไว้ก่อนครับ ว่าถ้าจะเรียงเส้นรองจนวน



การเดินสายในส่วน Analog Stage จะเห็น Choke ทั้ง 4 ตัวและ Switch เปิด-ปิดติดไว้ที่ฝาหีบ

ต้องใช้แกนใหญ่นี้อีก 1-2 เบอร์เลยที่เดียวครับ
พื้นที่ในกล่องไม่มีจำกัดแค่ใส่แกน 19mm ได้เท่า
นั้น ยังไงก็ต้องเอาให้ได้ค่าทางไฟฟ้าก่อนครับ รู้จักให้
คุณเจ้าของหากกล่องไม้ใหญ่นี้นี้มาดีกว่า 555

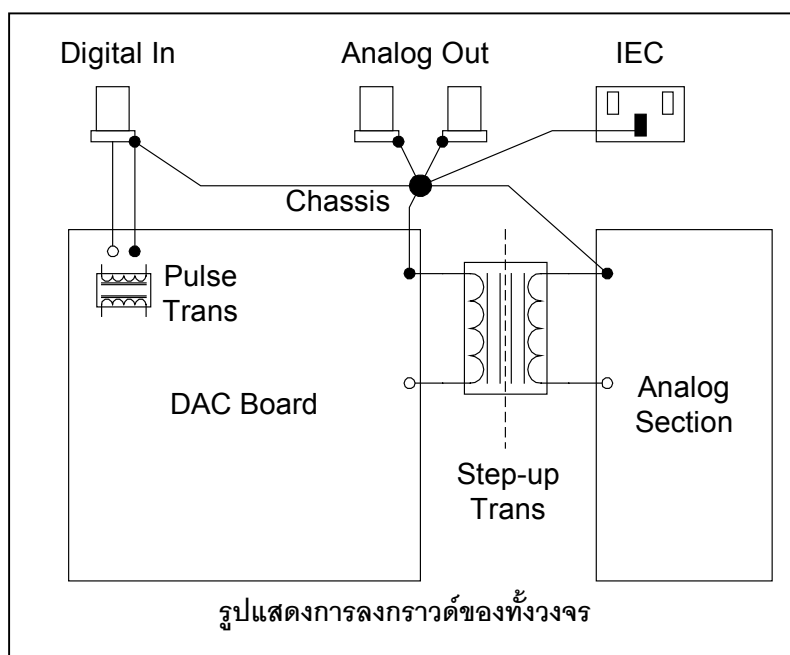


พวกอุปกรณ์ในวงจรก็เกรดทั่วๆ ไป ที่หา
ได้ในตลาดบ้านเราครับ Cathode Resistor เป็น
Royal Ohm Carbon Film 5%, Cathode Bypass
เป็น Elna Cerafine สายสัญญาณผมใช้ Wirewrap
เบอร์ #24 ที่ใช้พัน Pulse Transformer นั้นแหละ
ครับ ส่วนสายไฟ AC บางจุดก็เป็น Silver-plate
Teflon ที่เหลือเศษๆ อยู่ในกล่องของเหลือของผม
แต่ส่วนใหญ่จะใช้สายที่ติดมากับหม้อแปลงนั้นละ
ครับ มีที่พอจะเจ็ดหน้าซุตาได้น้อยก็คือ คุณเจ้า

ของแถมให้ Hovland
0.22uF/400V มาคู่หนึ่ง
บอกว่าให้ใส่เอาไว้ตรงไหนก็
ได้ เออ! เดียวก็เอาไปทำ C
Bypass Filament ลงกราวด์
ซะเลยนี่ แน่นอนครับ
ตำแหน่งที่เหมาะสมกับ (ค่า
ตัวของ) มันต้องเป็น Signal
Coupling เท่านั้น ทำงาน
ร่วมกับ R Dale RN60 ที่
แปะติดไว้กับ RCA เลย

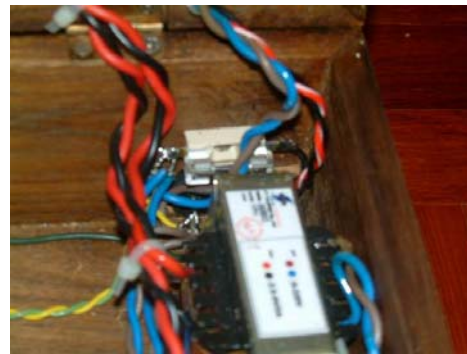
สัญญาณรบกวน
จะมากจะน้อย ก็ขึ้นอยู่กับ

การลงกราวด์นี้แหละครับ ตอนแรกก็คิดว่าจะเอาวิธี
2-Earth Method ของ Sakuma มาใช้ครับ แต่ตัว
ถังก็เป็นไม้ ยึด 2 จุดแล้วมันจะถึงกันยังงั้นเลย
แถม PCB ก็ออกแบบรวม Ground Analog และ
Digital ไว้ด้วยกันอยู่แล้ว ก็เลยต้องประยุกต์เอา ผม
ยังยึดหลักของ Sakuma ที่รวม Ground ของ Input
กับ Output ไว้ด้วยกันก่อน นับเป็นจุดแรก ถ้ามอง
ว่า Step-up Transformer เป็นจุดแบ่งวงจรส่วน
Digital กับ Analog ออกจากกันแล้วละก็ วงจรส่วน
Digital ที่ต่อกับทางด้าน Primary ของหม้อแปลง
จะมี Ground อยู่ที่ PCB รวมเป็นจุดเดียว นับเป็น
จุดที่ 2 และวงจรส่วน Analog ที่ต่ออยู่กับ
Secondary ลากสาย Ground สั้นๆ มารวมกันไว้ที่
R Cathode นับเป็นจุดที่ 3 ซึ่งผมใช้เป็น Ground
ของ Power Supply ไฟสูงด้วย ทั้ง 3 จุดนี้ลากสาย
มารวมกันที่ Output RCA และลากสายจาก
Ground ที่ IEC Inlet มาลงอีก 1 เส้นเป็นอันเสร็จ
ซึ่งวิธีที่ผมใช้นี้ ไม่มี Hum หรือ Noise แปลกๆ ออก
มาที่ Output เลย ก็ยังดีที่การพบกันครั้งที่ 2 ของ
เราราบรื่นอย่างที่ฝันไว้ อันที่จริงแล้ว ผมตั้งใจว่าจะ
ใส่ Power Line Filter ด้วย แต่ไม่มีพื้นที่เหลือพอ ก็
เลยตัดออกครับ





ลูกศรชี้จุดที่รวม Ground ทั้ง 3 ชุด ทรง
กระบอกสี่เหลี่ยมข้างๆ ก็คือ C Hovland



ยึดขาจับ Fuse กับ IEC Inlet ไว้ซะเลย

Switch เปิด-ปิด ผมใช้แบบกดติด-กดดับ
ครับ ซึ่งสะดวกเวลาติดตั้งกับกล่องไม้ที่ไม้หนา
อย่างนี้ ปุ่ม Switch โผล่ออกมาพอดีๆ แต่เครื่อง
ต้องมีน้ำหนักซักหน่อยนะครับ ไม่งั้นเวลาเปิด-ปิด
มันจะไปดันกล่องเลื่อนไปมาได้ เนื่องจากมีหลอด
ติดอยู่บนฝาอยู่แล้ว ผมก็เลยไม่ได้ LED Power
Indicator กับ PLL Lock Indicator ลงไปด้วย เกรง
ว่าจะเสียความ Classic ของตัวเครื่องไปครับ

ถ้าสังเกตในรูปดีๆ จะเห็นว่าผมไม่ได้ติด
กระบอกฟิวส์ด้วย เลิกแล้วครับ ผมเลิกกระบอก
ฟิวส์แล้วครับ..... คือผมติดนิสยใส่กระบอกฟิวส์มา
จากตอนทำแอมป์ SS ตั้งแต่แรกเริ่ม เพราะแทน
สำเร็จรูปจะมีกระบอกฟิวส์อยู่แล้ว ก็เลยติดเป็น
นิสยว่าผมจะต้องเจาะรูกระบอกฟิวส์ด้วยเสมอ แต่
หลังๆ นี้ผมเริ่มคิดได้ว่าเครื่องที่ทำเสร็จและใช้งาน
ได้แล้ว ผมไม่เคยเปลี่ยน Fuse เลย อย่างเช่น



ติดตั้ง Digital Board และหม้อแปลงไส้หลอดไว้ในหีบแล้ว ยังพอเหลือที่หายใจนิดหน่อย

Magnet MA-200 ที่ใช้มา 10 กว่าปี ก็ยังไม่เคยเปลี่ยน Fuse ซะที รวมทั้งชุดจะซีเกียจเจาะรูแล้ว ก็เลยเลิกใช้กระบอกฟิวส์ หันมาใช้ขายึดฟิวส์แล้วใช้น็อตยึดกับตัวแท่นหรือ IEC Plug แทน ซึ่งก็ทำงานได้สะดวกขึ้นมาก และถ้าจะต้องเปลี่ยน Fuse จริงๆ ก็ไม่ใช่เรื่องใหญ่สำหรับพวกเราอยู่แล้ว แค่เปิดฝาเครื่องเอง ทุกวันนี้ก็เปิดฝาเครื่องฟังอยู่แล้ว 555



**ชาวคณะเสียงสวรรค์ที่ DITC จะต้องไป
ร่วมงานด้วย (25L6GT SE Amp)**

หลังจากประกอบเสร็จหมดแล้ว ก็ต้องทดสอบภาคจ่ายไฟก่อนเป็นอันดับแรก ผมมักจะวัดแรงดันจากหม้อแปลงทุกชุดให้แน่ใจก่อนว่าไม่มีขดไหนผิดปกติ แล้วค่อยต่อสายเพื่อวัด DC ที่ได้จากภาคจ่ายไฟแต่ละชุดอีกรอบหนึ่ง วัดตามลำดับเพื่อว่าเจอปัญหาจะได้ตีวงสาเหตุได้ง่ายนะครับ ซึ่งคราวนี้ไม่เจอปัญหาอะไร ตั้งแต่ AC, DC จนถึง Regulated DC ได้ค่าแรงดันตามที่ต้องการทั้งหมด



ขณะร่วมบรรเลงกับชาวคณะเสียงสวรรค์

ผ่านจุดนี้แล้วก็ เสียบ...เสียบ.... แล้วก็เสียบ IC กับหลอดนะครับ กดให้ CD หมุน มือซ้ายจับ Switch DAC มือขวา Stand by ที่ Volume หูจอลำโพงแล้วก็ลุ้นอย่างเดียว

สำเนียงแรกที่ได้ยิน เป็นอะไรที่ผมไม่ชอบเลย เสียงมันคมชัดเกินไปสำหรับผม สาเหตุก็มาจาก Hovland Cap นั้นแหละครับ เป็นอุปกรณ์ตัวเดียวที่ผมไม่ได้เลือกเอง แต่เมื่อเทียบกับเจ้า Version 1 ที่ผมใช้อยู่ ซึ่งผมแก้ไขวงจรจากที่ลงใน YB2002 โดยเอา Step-up Transformer ออกและใช้ ECF80 เป็นหลอด Output แทน (จัดวงจร Pentode Anode Follower Direct Coupling ให้ Triode Cathode Follower ส่งต่อออกไป) เจ้าตัวใหม่นี้ก็ยิ่งดีกว่าอยู่มาก รายละเอียดดีกว่า ชัดกว่าตลอดย่านตั้งแต่ย่านเสียงต่ำขึ้นมาเลย ยิ่งลำโพงผมเป็น Open Baffle จึงฟังความแตกต่างย่านเสียงต่ำได้ง่ายมาก อืม... ว่าแล้วก็ยกหูโทรไปบอกคุณเจ้าของดีกว่าว่ายังไม่เสร็จ อีกซัก 2 เดือนค่อยคุยกันใหม่นะ (ก็คงยังไม่เสร็จอยู่ดีนั่นแหละ)

สุดท้ายขำขำ ก็เลยต้องยอมคืนคุณเจ้าของไป อย่างนี้ต้องวางยาเอาไว้ซักนาน ก็คือยุ่งให้เขาไปฟัดกะ Version ก่อนหน้านี้ให้ด้วย เพราะเครื่องนั้นเพิ่งเพิ่มวงจร Reclock ไปไม่นานนัก แล้วอีกไม่นานเจ้าตัวนี้ มันต้องกลับมาติด Reclock อีกแน่ คราวนี้แหละจะยืดไว้นานๆ เลย 555

SOUND PRACTICES

หนังสือที่เป็นแรงบันดาลใจแก่ DIYer ทั่วโลก

ผู้เขียน : ประดิษฐา สิงหาราช

Single Ended Amplifier

ย้อนกลับไปเมื่อ 10 ปีก่อน หรือประมาณ ช่วงปี 1992-1993 ซึ่งในขณะนั้น เครื่องเสียงในรูปแบบของแอมป์หลอดนั้น เราคงจะจำกันได้ว่ามีอยู่ไม่กี่ยี่ห้อ และนอกจากนั้นแล้ว ที่ทำวงจรแบบ Single Ended Triode ก็เรียกได้ว่าแทบจะไม่มีเลย ในขณะนั้น เท่าที่นึกออกก็มีเพียง AUDIONOTE, CARY, WAVELENGTH AUDIO เท่านั้น (ที่จริงมีมากกว่านี้ แต่ส่วนใหญ่เป็นของญี่ปุ่นที่เราไม่รู้จัก)



CARY CAD805 ยุคแรก ๆ

ซึ่งแอมป์เหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีราคาแพงมหาศาล ในขณะที่มีตัวเลขกำลังวัตต์ที่สวนทางกับราคาแบบคนละชั่ว จึงทำให้รู้สึกเหมือนกับว่า มันเป็นเรื่องวิเศษหรืออย่างไร อีกทั้งแอมป์เหล่านี้ก็หาลำโพงเล่นด้วยยาก เพราะลำโพงความไวสูงคุณภาพดี ๆ ก็หาได้ยากในบ้านเราเช่นเดียวกัน ดังนั้นโอกาสที่แอมป์ประเภทนี้จะได้รับความนิยม และได้แสดงศักยภาพที่แท้จริงของมันออกมาจึงเป็นไปได้ยาก ซึ่งจะไปแล้ว ในปัจจุบันนี้ก็ไม่ได้แตกต่างไปมากนัก ยังหาผู้ที่เข้าใจและมีโอกาสได้ยินได้ฟังสิ่งที่ Single Ended Triode ให้ความแตกต่างจากเครื่องเสียงชนิดอื่นๆ จริงๆ ก็ยังมีในวงแคบ

ในช่วงนั้นผมไม่เคยได้มีโอกาสได้ฟัง

แอมป์ประเภทนี้เลย แต่ก็อยู่ในช่วงที่เริ่มใช้แอมป์หลอดตัวแรกคือ TS AUDIO 50.2 ที่มีชื่อเสียงและราคาพอจะเอื้อมถึงได้ แต่มั่นกับขับลำโพง CELESTION SL6S ที่ผมใช้อยู่ไม่ค่อยออก เนื่องจากความไวของมันเพียง 84 dB/Watt/m เท่านั้น แต่ก็ไม่น่าเชื่อว่าเป็นเช่นนั้น มีแอมป์ตัวเล็กๆ ราคา 4,800 บาทที่เป็น Single Ended Pentode ของ Vactech ออกมาขาย ซึ่งผมไปลองฟังแล้วซื้อทันที เนื่องจากลักษณะเฉพาะของเสียงบางอย่างที่ผมไม่เคยได้ยินมาก่อน แน่นหนักกว่ามันไม่สามารถขับลำโพงที่ผมใช้ได้ยุดี แต่ก็ทำให้ผมเริ่มมองเห็นว่าทำไมคนถึงเล่นแอมป์ประเภทนี้กัน และในช่วงนี้เองที่มีเพื่อนรุ่นน้องคนหนึ่ง ซึ่งแต่เดิมเขาก็เล่นเครื่องเสียงประเภท Hi-end สุดๆ แต่อยู่ดีๆ ก็ขายทิ้งหมดหันมาฟังแอมป์หลอดจีนแดงตัวเล็กกว่า Vactech ของผมอีก และแกฟังโมโนครีบ ลำโพงที่แกใช้ที่ผม



Lowther ขายให้แต่ Driver แค่นี้แหละครับ

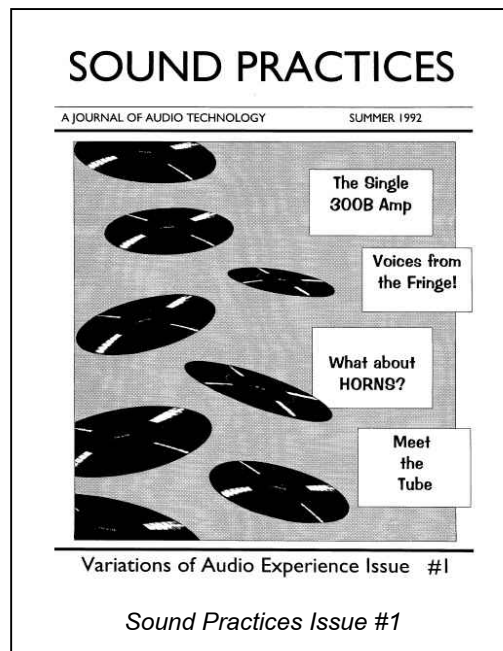
ไม่เคยเห็นมาก่อนเลยครับ ยี่ห้อ Lowther ซึ่งก็ยิ่งทำให้ผมคิดว่า ในเรื่องของเครื่องเสียงคงจะยังมีดินแดนที่ผมยังไม่รู้จัก และต้องเข้าไปสำรวจมันเสียแล้ว

ผมตัดสินใจซื้อแอมป์จีนแดงที่ว่าตามเพื่อนผู้นี้มาตัวหนึ่งจนได้ มันราคาเพียง 2,900

บาทเท่านั้น ยี่ห้อ Antique Sound Lab รุ่นที่ใช้หลอด EL84 Pentode เป็น Single Ended 3 Watts/Channel ครับ เชื้อใหม่ครับว่าหลังจากที่ผมได้ฟังเสียงของมันแล้ว ผมก็ขาย TS Audio และ Vactech ไปในที่สุด และด้วยราคาที่แสนถูกของมัน ผมก็เลยไปซื้ออีกตัวหนึ่ง และด้วยคำยุยงของเพื่อนรุ่นน้องคนเดิม ซึ่งยุให้ผมไปซื้อหัวแรงและตะกั่ว มาทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนภายใน ซึ่งก็ไล่ไปตั้งแต่ Volumn Alps, Resistor, Coupling Cap ต่างๆ โดยคิดว่าเปลี่ยนแล้วจะต้องดีขึ้น ซึ่งผมเองเป็นผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์แม้แต่หน่อย แต่ด้วยความที่อยากรู้และไม่เสียดาเยอแมบี ชีวิตผมก็เลยเปลี่ยนไปตั้งแต่นั้นมา

หนังสือประหลาด

นอกจากจะยุยงให้ผมทำอะไรต่อมิอะไรกับแอมป์ตัวนั้นแล้ว เขาก็ยังถ่ายสำเนาหนังสือมาให้ผมอีก 5-6 เล่มด้วยกัน ซึ่งเป็นหนังสือที่จะเรียกว่าเป็นหนังสือเครื่องเสียงก็ไม่ใช่ เป็นตำราก็ไม่เชิง เนื่องจากมันมีแต่เรื่องของการสร้างเครื่องเสียงหลอด, ลำโพงฮอร์น, เครื่องเล่นแผ่นเสียง Garrard มันเป็นดินแดนที่ผมไม่เคยรู้จักมาก่อนเลย ยิ่งอ่านก็ยิ่งอยากทดลองทำบ้าง แต่ที่ผมสนใจอ่านก่อนส่วน



อื่นกลับเป็น “บทบรรณาธิการ” ครับ เป็นส่วนที่ผมอ่านแล้วรู้สึก ว่า ตลอดมาที่เล่นเครื่องเสียงและคิดว่า การเป็นบุคคลที่เข้าข่าย Audiophile ซึ่งรู้เรื่องเสียงและการฟังเครื่องเสียงเป็นอย่างดีนั้น มันช่างไร้สาระล้นดี ผมลืมบอกไปครับ หนังสือนั้นคือ Sound Practices Magazine และบรรณาธิการผู้นั้นก็คือ นาย Joe Roberts ครับ

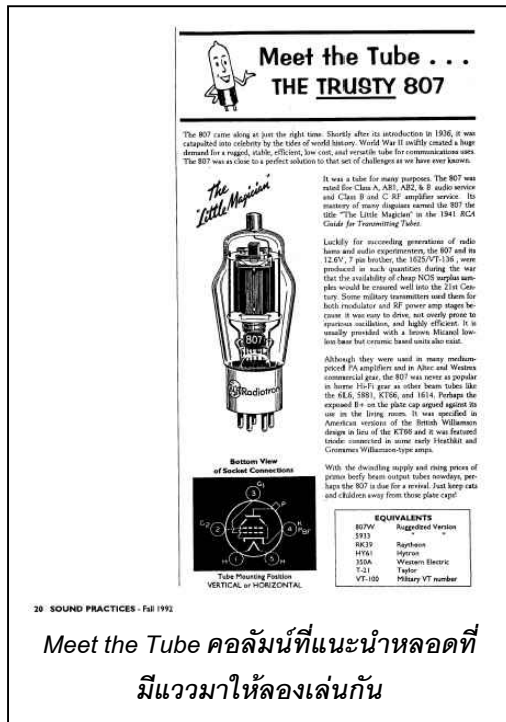
ผมว่าบรรดา DIYer ในช่วงนั้นรู้จักหนังสือนี้ แต่มักไม่ค่อยรู้จักกันเองเป็นวงกว้างนัก เนื่องจากช่วงนั้น Internet ยังไม่ใช่สื่อที่ทุกคนรู้จัก

Voices from the Fringe?

Audio today consists of a much wider range of practice than you'll find reported in the glossy mags. Some of the most interesting activity in the hobby takes place outside the borders that commercial producers of contemporary equipment accept as their playing field. There are vintage gear enthusiasts, modifiers of old and new gear, and people who build things that the manufacturers are wise to avoid - products with limited popular appeal or which are not economically viable to manufacture. Except for Audio Amateur/Glass Audio, there's no dedicated forum for do-it-yourself audio, one of the most rewarding facets of our hobby. Only a few decades ago DIY was an important part of the hobby for people as committed to it as we are. What happened?

ย่อหน้าแรกของ Joe Roberts จากบทบรรณาธิการ SP#1

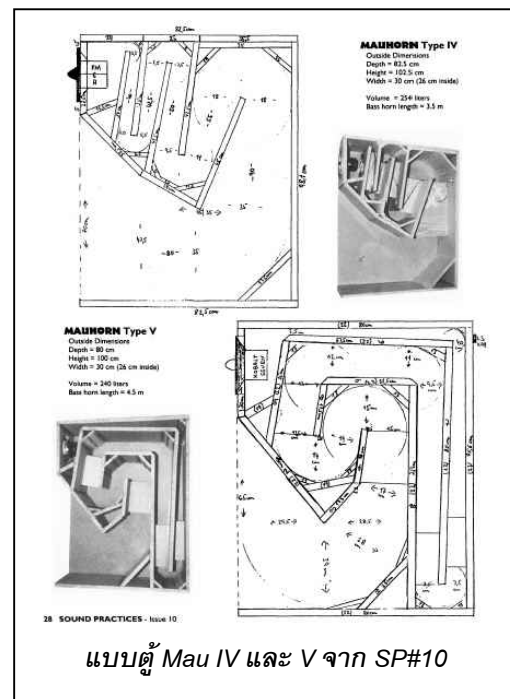
และใช้กันแพร่หลายเหมือนทุกวันนี้ ดังนั้นการเผยแพร่บทความต่างๆ รูปแบบวงจร หรือแนวความคิดต่างๆ ก็ไม่สามารถหาดูกันได้ง่ายๆ ดังนั้นเมื่อมีหนังสือประเภทนี้ขึ้นมา จึงเป็นมากกว่า Magazine ธรรมดาทั่วไป แต่เป็นกึ่งๆ Textbook หรือคัมภีร์ไปเลยทีเดียว ผมยังจำได้ดีว่าในช่วงนั้น เวลาคุยกันในกลุ่ม DIYer ด้วยกันก็จะคุยกันว่า ทำวงจรนั้นวงจรนี้หรือยัง? ทำแล้วดีไม? ชื่อของเจ้าของวงจรหรือบทความนั้นจำได้กันขึ้นใจเลยทีเดียว ยกตัวอย่างเช่น JC Morrison, Herb Reichert, Gordon Rankin หรือ Nobu Shishido เป็นต้น อันที่จริง ถ้าไปพลิกๆ



Meet the Tube คอลัมน์ที่แนะนำหลอดที่มีแวมาให้ลองเล่นกัน

ดูในแต่ละเล่มก็จะพบว่า นักออกแบบแอมป์หลอดที่มีชื่อเสียงในปัจจุบันหลายคน ที่ได้มีส่วนร่วมเขียนบทความใน Sound Practices แม้แต่ Dennis J. Hadd เจ้าของบริษัท CARY ก็มีปรากฏอยู่ในนั้น บางเล่ม บางวงจรซึ่งเป็นวงจร Classic เช่น WE 91, Audionote Ongaku, Loftin-White ก็ได้รับการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง พร้อมคำแนะนำในการสร้าง การเลือกอุปกรณ์และแนวเสียงเสร็จสรรพ เรียกว่าอ่านแล้วได้ยินเสียงเลยทีเดียว นอกจากนั้น

ในบางเล่มก็มีการพูดถึงลำโพงที่เหมาะสมกับการฟังกับแอมป์ SE ซึ่งก็ได้แก่ลำโพงความไวสูงประเภทต่างๆ หรือลำโพงฮอร์น ซึ่งก็ทำให้หลายๆ คนขายลำโพงเดิมๆ ที่ใช้อยู่ ไปหาลำโพงประเภทนี้มาใช้กันเป็นแถว กลุ่มหนึ่งในขณะนั้นก็ได้สั่งลำโพง Lowther เข้ามาขายเป็นรายแรก ผมเองหลังจากขายแอมป์เก่าไปแล้วก็คิดว่าน่าจะกระโดดลงแหวนไปด้วย ก็เลยซื้อ Lowther กับเขาไปด้วย ต้องเข้าใจนะครับว่าเป็นการซื้อด้วยความเชื่อล้วนๆ เนื่องจากในหนังสือ Sound Practices เขียนถึงลำโพงนี้อยู่หลายครั้ง และบรรยายถึงคุณลักษณะอันไม่สามารถปฏิเสธได้ของมัน และการไปทดลองฟังก็ไม่ได้ฟังแล้วรู้สึกดีแต่อย่างใด ก็หนังสือเขาว่าดีมันก็ต้องดีนะครับ เชื้อล..



แบบตู้ Mau IV และ V จาก SP#10

มีหนังสืออื่นอีกไหม

อันที่จริงไม่ได้มีแต่หนังสือ Sound Practices นี้เล่มเดียวสำหรับ DIYer แต่ยังมีหนังสืออื่นอีกเช่น Glass Audio, Vacuumtube Valley (VTV) หรือหนังสือญี่ปุ่นเช่น MJ, Stereo Sound อีก แต่ไม่มีเล่มไหนเหมือน SP ครับ เพราะ

ว่า Sound Practices มีลักษณะเฉพาะตัวที่ชัดเจนครับ คืออ่านแล้วจะรู้สึกได้ทันทีว่าเขียนโดยพวกที่บ้าจริงๆ และเชื่อได้ว่ามีแนวความคิดในการฟังเพลงหลุดออกนอกวงโคจรของพวกเขา Stereophile Recommended Component ไปแล้วอย่างสิ้นเชิง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าเป็นหนังสือของกลุ่มผู้หลุดพ้น อ่านแล้วเป็นคนละระดับ อะไรทำนองนั้นนะครับ ส่วน Glass Audio นั้นจะออกแนวสรุปรวมโครงการทางบ้านส่งมามากกว่า และ VTV ก็จะเน้นไปทาง Antique หรือพวก Collector มากกว่า

ที่น่าสนใจก็คือบางบทความนั้น ถูกส่งไปลงทั้ง Sound Practices และ Glass Audio แต่ตอนอยู่ใน Sound Practices แล้วดูน่าสนใจกว่า ซึ่งผมเองคิดว่าส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างนั้น อยู่ที่การแสดงแนวความคิดที่ค่อนข้างจะเป็นขบถต่อวงการเครื่องเสียงและนักวิจารณ์ในหนังสือยักษ์ใหญ่ต่างๆ นั่นเองที่ทำให้ผู้ที่มีความคิดตรงกันหรือไม่เคยคิดมาก่อนก็ตาม เกิดความรู้สึกว่าผู้เขียนบทความแต่ละคนล้วนมีความจริงใจ คือมันดีจริงๆ นะครับ หรือ มันห่วยจริงๆ ก็บอกกันตรงๆ ไม่ต้องกลัว Sponsors จะโกรธ และที่

When I had the opportunity to hear Ken Hinger's A5 system in the *Soundly Yours* de San listening room with our Ode 30, 645 S3 amp, I instantly knew that I had found the system that could replace the Sponder SP-1s that have been doing the job in our living room for over 13 years.

Actually, the Sponders officially belong to my wife. She always had a suspicion, usually unvoiced, of course, that I would go out and sell the old reliable SP-1s in an audio frenzy.

I confess that it was love at first listen with the A5. I mean I listened to a single bar and I knew. When I chose the Sponder, it took me about 10 minutes of listening. It doesn't take me much listening to recognize a speaker I can really live with.

In any event, the decision to explore a large scale home system has proven itself to be a positive step. Music has impacted itself totally into our lives through these devices, they are, indeed, the other half of the wonderful music creating possibility of the SE trade amplifiers.

No, they aren't perfect, although I am not yet certain if any system is a result of other system components or the recording or the speakers. These speakers make music completely engaging, without any High End audiophile pretensions in the traditional sense.

Sure they aren't perfect (what is?), but they are so much better than my old ones, and they play music so convincingly that I just don't really notice or care about weakness.

A properly set-up A5 system can make one forget about the link amplifier, source and just listen, becoming engaged with the music, whether Hendrix, Gould, Bartok (opera comes pasteurized along), Beethoven, Miles, Nina Simone, the Beatles, you get the idea, every artist communicates their musical potential through a system like this. The source can be CD, LP, radio or even an old cassette, you will still hear more of the music and the musician(s) than you ever have before.

I am not an audio reviewer, so I won't take apart the performance. Let's just say that they can do everything very well, some things better than any other system I have had and so, overall, they are good enough to make other familiar systems seem dead. Indeed, instead they make you to dance or laugh or sing or just shake your head in wonder at the musicianship of a performance.

**La Voice of the Theater
Chez Nous**

**Taming the ALTEC A5
Classic for Domestic Use**

by John Stronczar
Bei Canto Design



Issue 11 • SOUND PRACTICES 3

เรื่องราวการปราบ VOT ใน SP#11

สำคัญคือตัว Joe Roberts เอง ซึ่งแทบไม่ได้ออกแบบวงจรหรือทำเครื่องอะไรออกมาลงในหนังสือเลย แต่บทบรรณาธิการของเขานั้น ชื่นำและให้แรงบันดาลใจกับผู้อ่านอย่างผมอย่างมากมาย ถ้าคุณได้มีโอกาสอ่านบทบรรณาธิการในฉบับที่ 2 ของเขา คุณจะเห็นแนวทางที่ชัดเจนของหนังสือ Sound Practices เขาพูดถึงหนังสือเครื่องเสียงในปัจจุบันซึ่งพยายามสร้างให้เกิดการแบ่งแยกที่ชัดเจน

The preferences legislated by the High End Gurus are adopted by many, sometimes consciously and with intelligence but often without perspective or prior reflection. We all know hard-core audiophiles who listen ONLY to Reiners and Mercury Living Presences on Editor's Choice gear. Sure, I'm glad I heard *Casino Royale* on Jeff Rowland electronics and Infinity Betas, but I must say I had a mo' better time listening to Hank Williams 78s on Western Electric speakers and some very scary looking homebrew electronics. Never was a big Herb Alpert fan. Joining in the grail quest of audio writers best known by their initials is engaging I suppose but it's no cause for snobbery and exclusionism. And it's definitely not the last word. There is no last word in this game. Audio is about *your* preferences and *your* tastes, or at least it should be.

ส่วนหนึ่งของบทบรรณาธิการจาก SP#2

ระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อ โดยมีนักวิจารณ์เป็นผู้ขึ้นา
ซึ่งแตกต่างจากหนังสือเครื่องเสียงในอดีต ซึ่งเครื่อง
เสียงเป็นสิ่งที่ผู้คนรับรู้และมีความเข้าใจว่าเป็นสิ่ง
ประดิษฐ์ซึ่งพวกเขาจะทำได้ จึงไม่ค่อยมีการขึ้นา
โดยผู้ที่คิดว่าตัวเองดีกว่าชาวบ้าน หรือมีความ
เชื่อในประเภทสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า ไม่เชื่ออย่าลบ
หลู่แบบอุปกรณ์เสริมสมัยนี้มากนัก เขาพูดถึงว่า มี
นักฟังแบบ Serious ตั้งมากมายที่ไม่อ่านหนังสือ

The Legacy of

THORENS

"TD" Series
Turntable Classics

by Dr. Stefano
Pisano

*For an your take home
and your place on the
Component Turntable...*

In the history of hi-fi, the name
"Thorens" and "turntable" are more or less
synonymous. Very few audiophiles have
thought and used a turntable or another
one of those beautifully engineered
machines, either of the 1930s or of the
last years when their factory was located in
Germany. Wonderfully well engineered,
built so solidly that they look like they're
indestructible, heavy, completely reliable
and if the need ever arose, hard working
like real professional decks, the big
Thorens turntables are a joy to own and a
pleasure to use.

The Thorens tradition is now carried on in
Italy with models like the TD1212, the
legendary "Antares", the turntable
TD11 and many other models. Each of the
turntables has its own story, they are as
different as the people who built them. The
TD1214 and TD1215 were and still are
top of the line machines. Like the
Flamingo diamonds, Thorens are forever.

The history of Thorens began in 1983 in
St. Gallen, Switzerland, when Hermann
Thorens founded a firm for the production
of turntables for serious, vigorous
listeners, users and musicians that eventu-
ally expanded to employ a workforce of
1,200 in 1992. The playing Thorens
machines were already well-known even
before World War II as the firm had already
produced the world of its music reproduction
since the late Thorens with direct-drive
systems (a Thorens patent of 1929),
"Minicard" recorders, Thorens' own
phonographs and even separate cartridges.

preference to buy one machine. After
the end of the war, the Thorens
continued its tradition, and from then the
Studer or Nagra was being built and
the Thorens was like that. German en-
gineers were used to build very advanced
machines for the world's best professionals.
Before the war, the Thorens managers of Thorens
could build a deck to follow the needs of the
radio stations. With the war, they lost their
and the rest of Europe's industry with the
model TD1212 (1939), the Alpha and
the TD1215, the TD1214 and the TD1215
the changes of the brand
the Thorens' engineering, "high-fidelity"
turntable remained in the making for a long
time. It is not uncommon to think that the
the Thorens was the only one to offer
turntable with EMT, the Thorens with
than France's later had always been good.
The Thorens' explanation why, when the first
high-quality Thorens "TD" finally appeared,
it opened a clear and steady meaning
EMT Thorens. But one may also be surprised
for supposing that the Thorens managers
before finishing the design of their
turntable, had taken a close look at the
the German "TD1212" (1939) and the
1939). In fact the Thorens "TD1214" being
based on the old one "Thorens" model
but at the same time, it was in the
design, size and philosophy to the Thorens
machines than the German Leuchtturm.
The TD1214 was introduced in 1937, at the
same time as the Thorens' design and
modification of the turntable up to the year



Top view of the Thorens TD-124

SOUND PRACTICES — 1989 Yearbook 15

เรื่องราวเกี่ยวกับ Thorens ที่หาอ่านที่ไหน ไม่ได้อีกแล้ว (SP#17)

เครื่องเสียง ไม่ใช่ว่าไม่ทันสมัย แต่เพราะเขาก้าว
เลยไปแล้ว หรือประโยคที่ว่า ในการเข้าถึงและม
ความสุขกับการฟังเพลงนั้น ทักษะในการฟัง
สำคัญกว่าเครื่องเสียง เป็นต้น บทบรรณาธิการของ
Joe Roberts นั้น ยืนยันแนวคิดของเขาโดยไม่
เปลี่ยนแปลงตลอด ตั้งแต่ฉบับแรกจนฉบับสุดท้าย
ซึ่งผมเองได้แรงบันดาลใจจากสิ่งที่เขาเขียนมาก
และเมื่อเริ่มทำ DIY Journal ของเราเอง ก็นึกอยู่
เสมอว่า การที่เขาสามารถทำหนังสือแบบนี้ออกมา
ได้ถึง 17 ฉบับนั้น ช่างน่านับถือเอามากๆ เลยที่
เดียว

ภายในแต่ละเล่มก็คล้ายๆ กับหนังสือที่
เราทำนี้แหละครับ แต่ความที่ฝรั่งมันช่างเขียนก็เลย
มีบทความประกอบบวจซ้อนข้างเยอะ มีแนวความ
คิดให้ได้เรียนรู้ว่า ก่อนที่เขาจะทำเครื่องสักเครื่อง
หนึ่งนั้น แต่ละคนมีแนวความคิดอย่างไร การเลือก
หลอดหรือรูปแบบวงจร เขาคิดอย่างไร การอ่านทำ
ให้ผมได้รู้ว่านอกจากหลอดที่คุ้นหูคุ้นตาเช่น 6SN7,
12A...7, 300B แล้ว ยังมีหลอดอื่นๆ ที่ไม่เคยพบ
เห็นหรือเห็นแล้วก็ไม่รู้ว่าในชาตินี้จะได้ฟัง อย่าง
กลุ่ม 2 Digit Triode เช่น 45, 50, 10Y หรือพวก
76, 24, 1626 อะไรทำนองนี้ ซึ่งไม่น่าเชื่อว่าหลัง

Hello, "Darling"

A 1626 Triode Single-Ended Stereo Amp

by Bob Danielak

34 watts of CHEAP FUN!

Introduction
I've been doing tube amps for quite some
time (over 15 years if you count guitar
amps). Over the past several years I've
graduated more and more toward design-
ing building "100-40" type equipment. At
the risk of sounding like I'm pumping
on the handpump, my main interest these
days is in relatively low power Single
Ended Triode amplifiers.

However, now that these types of ampli-
fiers are practically "mainstream," I may
sometimes purposely avoid otherwise great
sounding tubes and circuits because others
have already "been there - done that." The
high price of most popular Directly Heated
Triodes and quality output transformers is
also an impediment to my off the main road.

Luckily if he keeps an open mind, with a
little research, experimenting, and work-
box fiddling the old DHT's can end up
with a very satisfying piece of equipment
and will pay his mortgage.

About the 1626
Okay, The 1626 is not a directly heated tri-
ode (DHT). It is an indirectly heated
power triode originally used in low power
RF amps. It is not the most linear of triodes,
and its plate is only rated for about
250V/25mA. Another mild pain is that it
requires a 12-0V filament supply (there's
no 6.3V connection option). Amplification
factor is about 5. Plate resistance is around
2K.

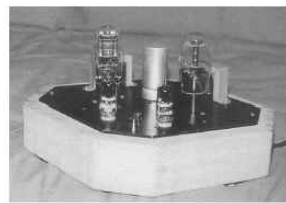


driver. Somehow, I figured out that the
pinout of the 1626 is basically the same as
the 12AX7 minus the screen connection. So
I just ducted off the 1626's and plugged
them in.

I was pleasantly surprised with both the
sound quality and with the apparent vol-
ume I achieved with only 34 watt of
power. At this point I decided to devote
some time to find a good driver for the
1626. During the 1626's run as triode as it
is with other triodes such as the 2A3, 6X4,
etc. Based on its maximum ratings, we
only need about 25 to 28V peak grid vol-
tage. The 1626's input capacitance is also
rather low for a triode (around 30pF
including Miller Effect). This means we
don't need a super-high-current driver.

Any designer worth his salt ought to be
able to hook up a device worthy candidate
for this job. A gain of 20-30, driving a
couple of 8-ohm, say, right? The biggest
problem was that there were too many
choices!

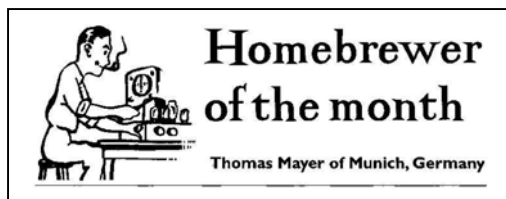
Before settling on any one driver I read a
whole slew of tubeopodagans. Just to
name a few in descending order of prefer-
ence: 6BP6, 12AT7, 12AU6, 12AX7, 6BP6,
12SN7, simple plate loaded 12AT7, Pentod
12BE7, etc., etc. I never got around to
some of my favorite 9-pin triodes like the
12AX7 or 6BP6/12AT7. I have a feeling
that the 1626 would be a good match for
this application.



Issue 15 - SOUND PRACTICES 29

"Hello Darling" ใน SP#15 ไม่ถึงวัดต์..... ตั้ง 750mW ต่างหาก

จากนั้นไม่นาน Internet ก็เริ่มแพร่หลาย Website
ขายของหรือประมูลของเช่น eBay ก็กลายเป็น
แหล่งที่เราสามารถเข้าไปหาหลอดหายากเหล่านี้
มาฟังกันได้ง่ายๆ คอลัมน์ที่น่าสนใจอีกคอลัมน์หนึ่ง
ก็คือ Homebrewer Of The Month ซึ่งเป็นคอลัมน์
ที่ผมชอบมาก เป็นเรื่องของพวกที่มีผลงานน่าสนใจ
และบ้างอย่างต่อเนื่องและยาวนาน คนที่คัดมาลงแต่
ละคนนี่ สุดๆ แล้วทั้งนั้น อาทิ Thomas Mayer
(SP#16) ที่คุณต้องเห็นเครื่องที่เขาทำ ประเภท 211



Drive 211 ภาควิทยาศาสตร์ไฟฟ้า 3 Phase มี Oil Cap เรียงเป็นดับ หรืออย่างนาย Ed Billeci (SP#14) ที่ทำแอมป์ด้วยหลอดยี่ห้ออย่าง WE212 บนแท่นอลูมิเนียมเกรด Aerospace แยกสามแท่น หรืออย่างลุง Al Bryant ที่ทำแอมป์ PP 300B บนถาดอบเค้ก เป็นต้น ล้วนแล้วแต่เป็นการเปิดโลกทัศน์ของผมให้กว้างขึ้นอย่างมาก น่าเสียดายจริงๆ ที่หนังสือนี้ไม่สามารถอยู่มาจนถึงทุกวันนี้ ไม่งั้นเราอาจได้เห็นพวกเราคนใดคนหนึ่ง ได้รับคัดเลือกไปลงบ้างก็ได้

Can the engineers in the clean room with air conditioner and computers make amplifiers which can tell us the passion of the players and convey the strenuous efforts of the composers?

จาก Direct Heating with the Sakuma System (SP#13)

นอกจากผู้เขียนบทความ ที่เป็นชาวอเมริกันแล้ว หนังสือนี้ก็มีเรื่องราวที่ส่งมาจากหลายๆ ที่ด้วย ผมได้รู้จัก Mr. Sakuma และวงจรประเภทหลอด Drive กับหลอด Output เป็นหลอดเบอร์เดียวกัน หรือการลงกราวด์แบบ 2 จุด (2-Earth Ground Method) ก็จากหนังสือนี้ วงจรรีเลย์แบบใช้ Output Transformer ของ Italian ใน SP#10 ซึ่งในช่วงนั้นมีพวกเราทำตามกันเป็นแถว โดยใช้แกน Cut Core ของแสงทอง ที่ตอนนั้นไม่มีอีกแล้ว หรือวงจรรีเลย์ของ Alan Wright ที่คุณวิทยาชอบ ก็มีลงพร้อมกับบทความกัดข้าวบ้านจนต้องเถียงกันในเล่มต่อๆ มา จะเห็นได้ว่าคนทำหนังสือนี้ต้องใช้พลังงานมากขนาดไหน

ไม่มีอะไรจริง

ในที่สุด Sound Practices ก็ปิดตัวเองลงไปเมื่อฉบับที่ 17 ซึ่งฉบับนี้ไม่มีการตีพิมพ์นะครับ เป็นการให้ไป Download กันเองใน Website ซึ่งไม่ค่อยคุ้มค่ากับการรอคอยนัก เนื่องจากว่าตั้งแต่ฉบับที่ 16 แล้วที่เนื้อหาเริ่มจะแผ่วลง ซึ่งก็มีข่าวว่าเนื่องด้วยสุขภาพของ Joe Roberts เองที่ไม่ค่อยดี และผมว่าเป็นหนังสือที่ทำด้วยใจรัก ถ้าใครคงไม่ค่อยจะได้ ก็น่าเห็นใจนะครับ สำหรับผม การได้มี Original Copy ของหนังสือนี้ ถือว่าเป็นของมีค่าครับ ถึงแม้จะไม่มี Original ทุกเล่มก็ตาม ถ้ามีโอกาสได้อ่าน คุณจะเห็นว่าเป็นหนังสือที่มีปกสวย อาร์ตเวิร์คแบบ Retro นิดๆ เข้ากับแอมป์หลอด น่าเก็บรักษาครับ ตอนหลังรู้สึกราวจะมีรวมเป็น PDF Files ใน CD-ROM ขายนะครับ ก็ต้องมาสั่ง Print กันเอง

ผมก็ได้แต่คิดว่าแล้ว DIY Journal ของเราที่เดี๋ยวนี้ออกได้ปีละหนเท่านั้น จะอยู่ยงคงกระพันไปได้อีกแค่ไหน แต่ก็ไม่แน่นอนครับ วงจรหรือหลอดที่เราใช้ มันยังอยู่มาได้และไม่ยอมที่จะตายไปกับกระแสเทคโนโลยีใหม่ๆ หลอดที่ผมใช้ฟังอยู่ถึงวันนี้มีอายุแก่กว่าคุณพ่อผมเสียอีก เวลาผมเปิดลิ้นชักที่เก็บหลอดโบราณพวกนี้ดูทีไร ก็นึกถึงว่าอีกสักยี่สิบกว่าปีมันก็จะอายุครบร้อยปี ถึงวันนั้นผมจะจัดเลี้ยงฉลอง และเปิดเครื่องเสียงหลอดโซ่วหลายๆ นะครับ ผมมีความเชื่อว่าถึงตอนนั้นเสียงมันก็คงจะยังไพเราะอยู่เหมือนเดิมนั้นแหละครับ เพราะถึงยังไง หูของเราก็คงเป็นหูคู่เดิมที่เราได้ใช้ในการสร้าง ใช้ปรุง และใช้ฟังเครื่องเสียงของเราขึ้นมาในวันนี้ครับ

UNIVERSAL SEAMPLIFIER

Author: Kris Horpaopun

เอาละครับ หวังว่าคงไม่เบื่อหน้าผมก่อนนะครับ ที่ผมเขียนได้หลายเรื่องในฉบับนี้เพราะว่ากำลังว่างงานครับ ผลงานเลยออกมาเยอะหน่อย (แต่อาจเยอะสำหรับหลายท่านไม่ได้ ที่ทั้งมีงานประจำแล้วก็ยังสามารถมีผลงานออกมามากมาย ผมขอยกย่องเลยครับ) โดยแอมป์ตัวนี้สามารถเสียบ EL38 EL34 6L6GC ลงไปได้เลย ส่วนหลอด Drive ก็สามารถเลือกใช้ 12AU7 12BH7 (พวก Low mu) เสียบสลับกันได้ในส่วนภาคขยาย Voltage ส่วนตัวหลอดที่ใช้ Regulate กระแสนั้น ก็สามารถใส่ 12AX7 12AT7 (พวก Hi mu) ได้ครับ งานชิ้นนี้เกิดจากอาจารย์ผม ท่านอยากได้แอมป์หลอดมาใช้สักตัวหนึ่ง ซึ่งในตอนแรกผมก็ไปคว้าเจ้า 828 มาเตรียมทำเต็มที่แล้วครับ แต่กลับกลายเป็นว่าหลอดเสียไปซะก่อน เลยเอาไปเปลี่ยนระหว่างที่เลือกส่งๆ อยู่ นั่นก็มีหลายตัวครับ แต่เนื่องจากความที่ว่าอาจารย์ต้องการขับลำโพงที่ไม่ใช่ฮอ์น เลยต้องหาตัวมี Power เยอะสักหน่อย ก็ไปเจออยู่หลายตัว

แต่ที่หยิบมาก็คือ EL38 เพราะว่าดูแล้วโหวงแข็งดีกว่า ดู Datasheet แล้วก็มี Rating สูงทีเดียว ครั้นจะหยิบ EL34 ก็มีแต่หลอดจีน กับหลอดใช้แล้ว EL32 ก็เล็กไปหน่อย เลยหยิบเจ้าตัวนี้มาแหละครับ ได้ยินว่าเสียงมันไม่เลวซะด้วย ก็เลยกลับมาเตรียมออกแบบครับ ที่นี้เราลองมาดูสาระใน Datasheet นะครับ

จากรูปเราจะเห็นว่า V_a max ถึง 800V และ V_{g2} ได้ถึง 400V และกระแสได้สูงสุด 200mA โดย $W_a = 25W$ เรียกได้ว่าเหลือเฟือสำหรับเราแล้วครับ

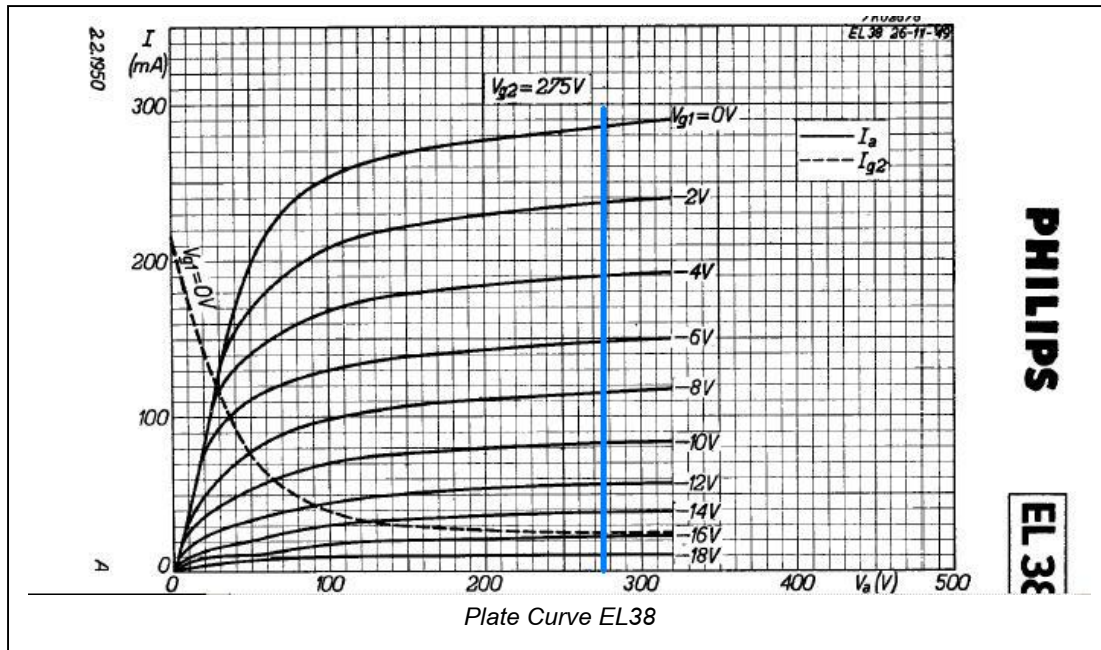
ที่นี้ผมต้องการต่อมันเป็นแบบ Triode mode แต่กราฟที่ให้มาก็เป็นแบบ Pentode ดังรูปครับ

จะเห็นได้ว่าในรูปเขาให้ V_{g2} มาเท่ากับ 275V ดังนั้นถ้าเราต่อ Triode mode หมายความว่ามันจะต้องได้ Bias ที่จุดนี้แน่นอน แต่นั่นหมายถึงจุดที่นิ่งนิ่งเลยนะครับ ไม่รวมถึงการสวิง เพราะ

Limiting values Caractéristiques limites Grenzdaten

V_a	= max.	800 V
V_{ap}	= max.	4 kV
W_a	= max.	25 W
V_{g2}	= max.	400 V
W_{g2}	= max.	8 W
I_k	= max.	200 mA
V_{g1} ($I_{g1} = +0,3 \mu A$)	= max.	-1,3 V
R_{g1} ($W_a < 9 W$)	= max.	0,8 M Ω
R_{g1} ($W_a > 9 W$)	= max.	0,5 M Ω
V_{kf}	= max.	100 V
R_{kf}	= max.	20 k Ω

Datasheet ของ EL38



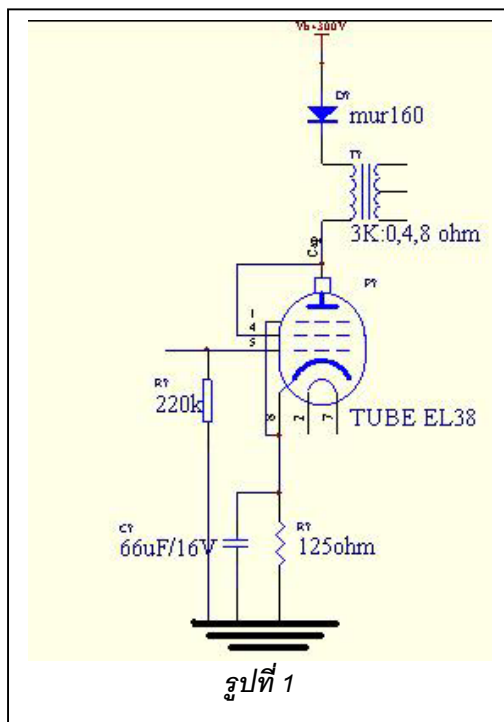
การสวิงจะไม่ได้เป็นไปตามกราฟนี้ ตัวนี้มีประโยชน์แค่เรารู้จุด Bias ละครับ ไม่สามารถรู้ว่าการสวิงมัน Linear ยังไงหรือไม่ ซึ่งเดียวเราค่อยไปจูนด้วยหูเอานะครับ เอาละครับที่นี้ด้วยความอยากรู้มันส์ของผมก็เลยลากเส้นสีฟ้าไปเลยครับ หาดูว่าจุดตัดมันผ่านที่ V_g เท่าไรบ้างที่นี้ผมอยากได้กระแสสัก 80mA มันก็จะไปตัดจุด V_g -10V ก็จะได้ R_k สัก

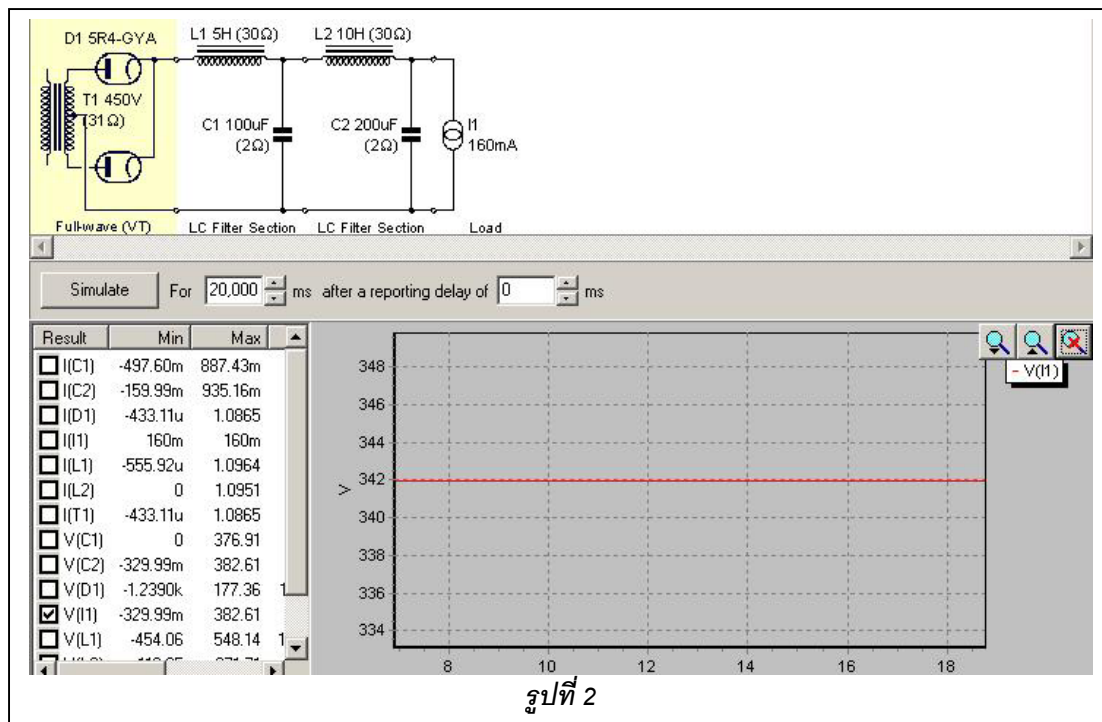
ประมาณ 125 Ohm ที่นี้เราก็จะได้วงจรคร่าวๆ แล้วครับ (รูปที่ 1) โดยผมกะเอาหม้อแปลงสักระยะ 3K มาใช้งานดูครับ เพราะระดับแรงดันกับกระแสขนาดนี้ อย่าง EL34 มักจะใช้หม้อแปลง 3K นี้ละครับ ในรูปต่อไปนี้เป็นหม้อแปลงแบบธรรมดา แต่ผมสั่งมาเป็นแบบที่มี Tap Ultra-Linear ด้วย เพื่อที่จะได้ลองเสียงได้หลายแบบ

เอาละที่นี้เราก็ลองมาออกแบบภาคจ่าย

ไฟก่อนดีกว่า บังเอิญว่าผมมีหม้อแปลง 450-0-450 300mA เลยอยากใช้ลูกนี้ครับ ก็เลยจัดแจงเอาโปรแกรม PSU Simulation II มาคำนวณ เน้นอนว่าต้องเป็นแบบ LCLC อยู่แล้วและผมไม่อยากใช้ R Drop ด้วยเนื่องจากมันจะร้อนก็ลองใช้ PSU Simulate ดูได้ค่าดังนี้ครับ (รูปที่ 2)

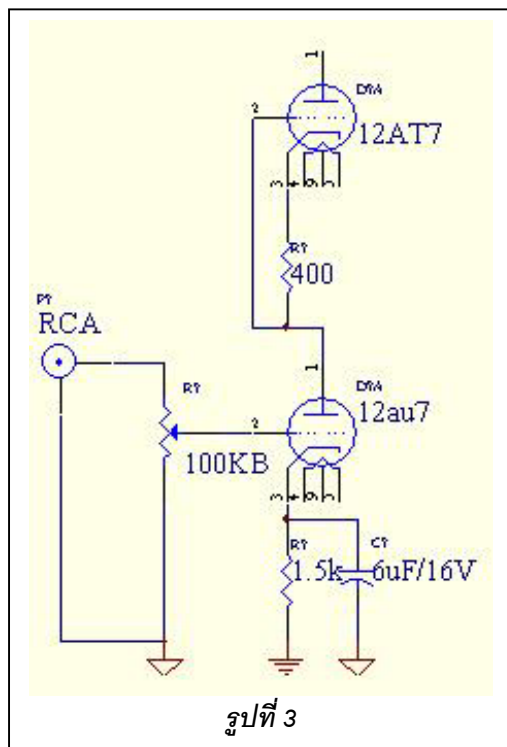
ทำไงกดต่ำมาก็ได้แค่นี้แหละครับ 342V ใ้ได้ยวค่อยแก้ปัญหาเอา R Drop ได้ครับ ความจริงแล้ว หลอดมันก็สามารถรับได้ถึง 800V เราจะใช้ V นี้ก็ได้ เอาเป็นว่าช่างมันก่อนแล้วกันครับ ที่นี้เราก็ลองมาออกแบบภาค Drive กันครับ โดยตอนนี้ผมก็จะใช้เจ้า CSR ที่ผมกล่าวก่อนหน้านี้ โดยจะเอาหลอดล่างเป็น 12AU7 หลอดบนเป็น 12AT7 ก็เริ่มเลยครับ

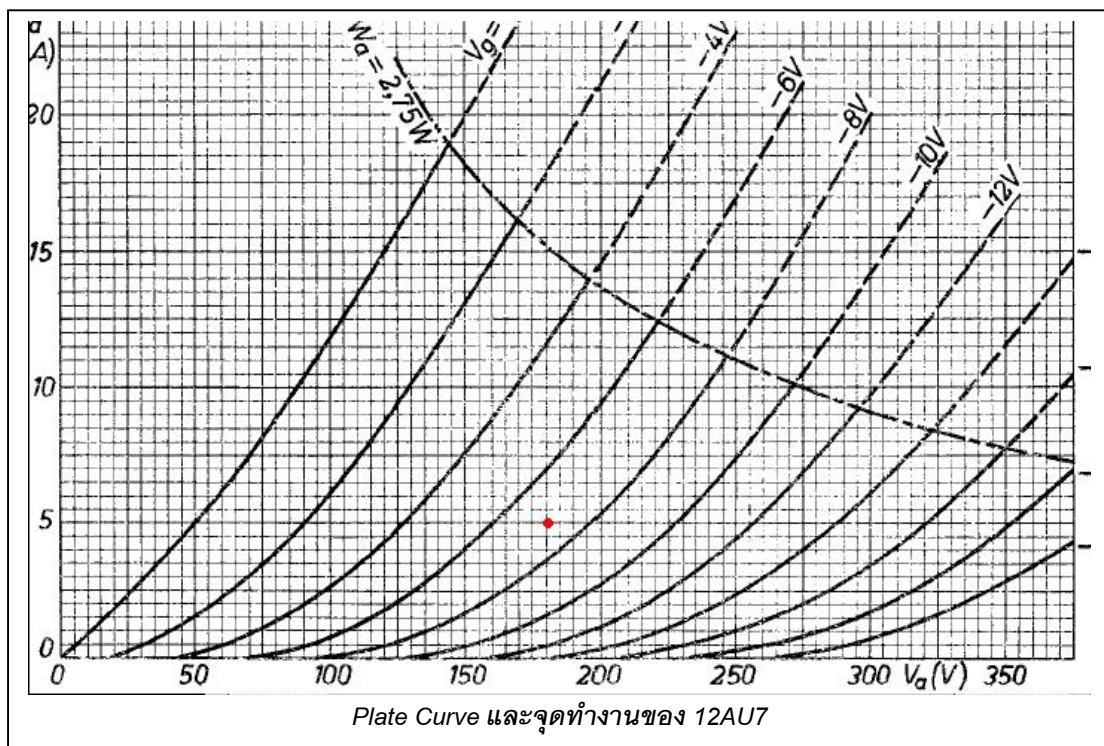
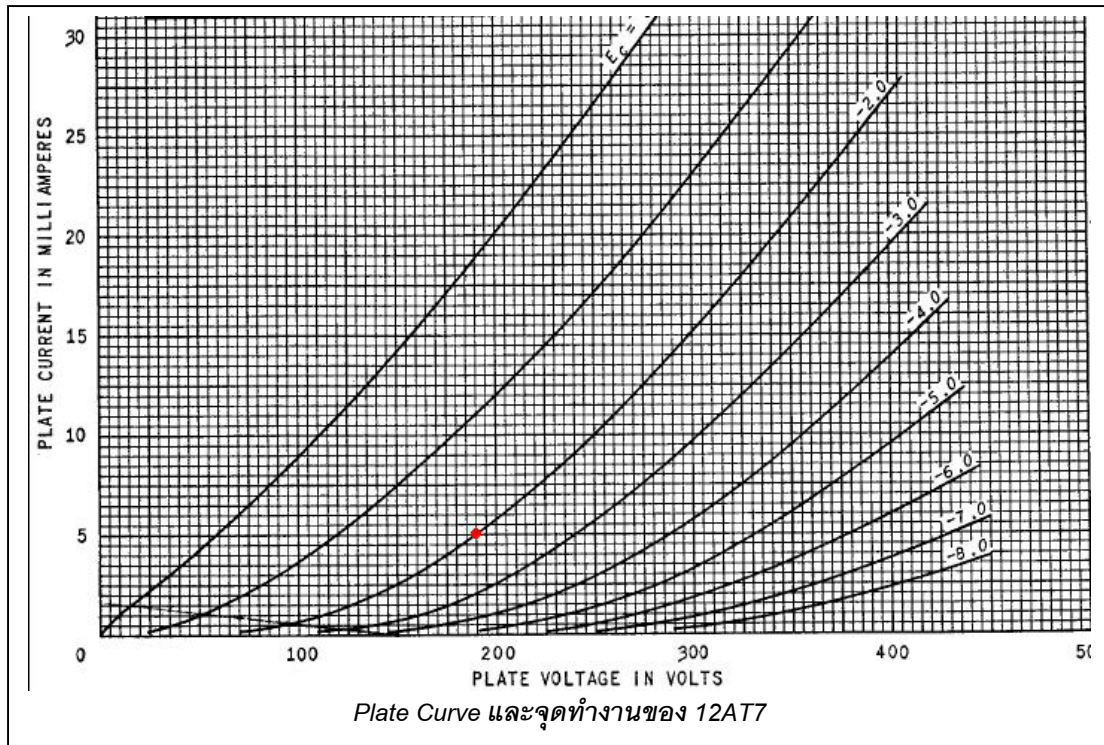




ตอนนี้ยังไม่ต้องสนใจตัวเลขนะครับ เอาเป็นว่าดูรูปแบบวงจรก่อน เราก็กำหนดเลยครับ ให้แต่ละส่วนมี V ตกคร่อมเท่ากัน มีกระแสตกคร่อมเท่ากัน เราต้องมาหาครับว่า V_g แต่ละหลอดนั้นมีค่าเท่าใดแล้วจึงคิดคำนวณย้อนกลับมาเป็นค่า R_k ได้ครับเราก็ไปดู กราฟของ 2 ตัวนี้เลยนะครับ

ความจริงแล้ว ผมจำไม่ได้ว่าตอนเก่าผมคิดเท่าไร เอาเป็นว่าผมคิดจากค่าตอนผมต่อจริงแล้วนะครับ ซึ่งผมจะได้ $V_b + 360V$ ดังนั้นแต่ละหลอดจะต้องมี V ตกคร่อมประมาณหลอดละ 180V (ไม่คิดค่า V_g เนื่องจากประมาณเอาครับ) เพราะผลที่ได้จริงๆ หลอดแต่ละหลอดมีค่า μ ไม่เท่ากันอยู่แล้ว ที่นี้ผมต้องการให้กระแสไหล 5mA ผมก็เลยเลือกตรงจุดแดงเห็นไหมครับ เราจะได้ว่าหลอด 12AT7 ต้องการ $V_g -2V$ ส่วนเจ้า 12AU7 นั้นต้องการประมาณ $V_g -7.5V$ ครับ ทำให้เราคิดย้อนกลับไปได้ว่า R_k ของ 12AT7 มีค่า $(-2)/(5mA) = 400 \text{ Ohm}$ และ R_k ของ 12AU7 นั้นมีค่าเท่ากับ $(-7.5)/(5mA) = 1.5k\text{Ohm}$ ครับ ที่นี้ตามหลัก Topology แล้วคือ Impedance เหมือนหลอดล่างต้องน้อยกว่าตัวบนครับ ถ้าอยากเป็นอัตราส่วนครึ่งต่อครึ่ง ก็ใช้ R_k ลดไปครึ่งหนึ่งเหลือ 750 Ohm แต่ที่นี้ผมกะเอาแค่เหลือ 1kOhm น่าจะพอแล้วครับ ซึ่งเมื่อวัดแล้ว V ที่ Plate 12AU7 จะมีค่าเหลือประมาณ 160V และเท่ากับว่า มี V ตกคร่อม 12AT7 ไป 200V ครบก็ตรงตามที่ยากได้พอดี ก็จะได้วงจรดังนี้ครับ (รูปที่ 3)





สำหรับเจ้า 6uF/16V นั้น ผมมี Elna Cerafine 47uF/16V ซึ่งใช้แทนได้ครับ สามารถนำ C ค่าสูงกว่ามาแทนได้ครับ ซึ่ง C ตัวนี้จะเป็นตัวช่วยในเรื่องอัตราการขยายให้ดีขึ้น เรื่องของเสียงนั้นมันจะทำให้รู้สึกว่ามันขึ้นมากกว่าครับ ไม่แข็ง

เหมือนตอนไม่ Bypass อันนี้แล้วแต่ความชอบครับ โดยมีสูตรคำนวณคือ

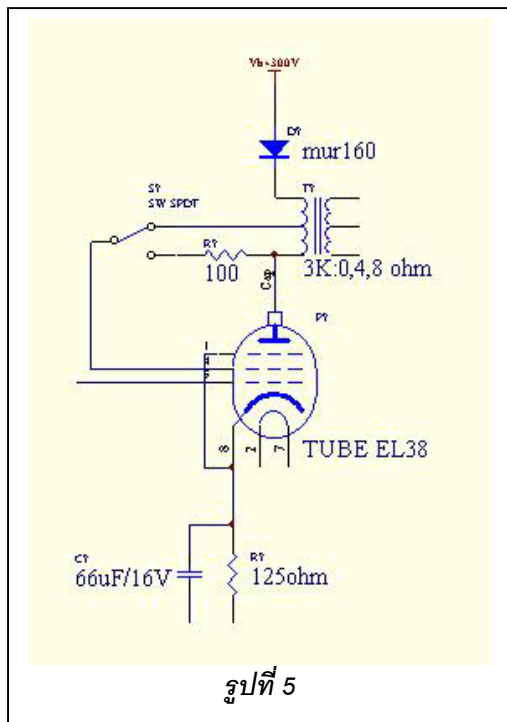
$$F_c = 1 / (2 \times 3.14 \times R \times C)$$

โดย F_c ของเราเท่ากับ 20Hz R เท่ากับ 1K เท่านั้น เมื่อเราแก้สมการเราก็จะได้ค่า C ออกมาแล้วครับ

เราได้ใช้ C Coupling เป็น Vitamin Q โดยจุดมุ่งหมายของผมคือ ต้องการให้แอมป์ตัวนี้ เสียงนุ่มหวานเข้าแบบแอมป์ฟิอาร์ต โดยค่า C นั้นก็ มาจากสูตรเดิมครับ $F_c = 1/(2 \times 3.14 \times R \times C)$ โดย R ก็คือ R ค่า 220k นั้นแหละครับ และก็จะมี MUR160

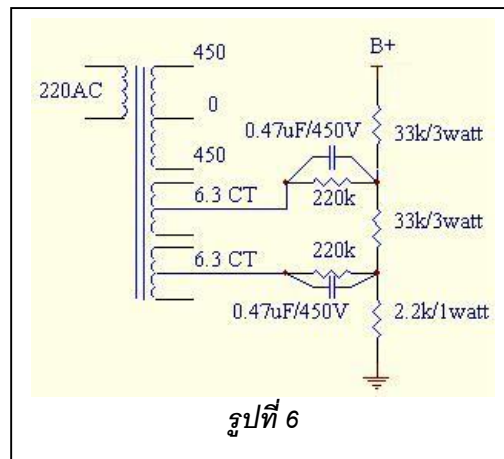
© Copyright Reserved by Author; for DIY Journal YB2004

นะครับ คนละอย่างกันครับ) วิธีแก้คือ การใส่ R ค่า
น้อยๆ ชัก 100 Ohm ลงไปครับ (รูปที่ 5)



เอาละครับเท่านี้ก็เสร็จแล้ว.... หรือเปล่า?
ยังครับผม แฮ่แฮ่... เนื่องจากที่ขา Cathode ของ
12AT7 จะมีไฟอยู่ประมาณ 160V ทำให้เกิน Limit
V Heater-to-Cathode ของหลอดที่กำหนดไว้ จาก
Datasheet ที่กำหนดมาครับ ถ้าเราใช้ไฟเลี้ยงไส้
หลอดชุดเดียว โดยนำมันไปอ้างอิงไว้ที่ Ground จะ
ทำให้หลอดบนมีค่า V Heater-to-Cathode สูงเกิน
ไปครับ

จะเห็นได้ว่า 12AT7ทน V Heater-to-
Cathode ได้แค่ 90 Vเอง ซึ่งถ้าเรานำไปใช้เลยอาจ
ทำให้หลอดพังได้ครับ วิธีแก้ก็มีดังนี้ครับ (รูปที่ 6)



จากรูปนะครับ ผมไม่ได้ใส่ชุดไฟเลี้ยงไส้
หลอด Rectifier เอาไว้นะครับโดยชุดไฟเลี้ยงหลอด
Rectifier จะมีพิกัด 5V 3A นอกนั้นจะมี 6.3V 2 ขด
ที่ทำหน้าที่เลี้ยงไส้หลอด โดยชุดล่างจะเลี้ยง
12AU7 กับ EL38 โดยมีพิกัด 6.3VCT 5A และชุด
บนจะเลี้ยง 12AT7 พิกัด 6.3VCT 1A ครับ เพื่อให้
ใช้ไส้หลอดเบอร์อื่นด้วย ซึ่งการทำอย่างนี้จะช่วย
ยกระดับไฟไส้หลอดไม่ให้เกิน Rating ที่กำหนดมา
ได้ครับ โดยที่จุดระหว่าง R 33k กับ R 33k นั้นจะมี
ไฟประมาณ 185V และจุดล่างจะมีไฟประมาณ
11V ครับ สาเหตุที่ยกจุดล่างนี้เพื่อให้ระดับไฟไส้
หลอดกับ Cathode มีความต่างศักย์ใกล้เคียงกัน
ครับ จะได้ไม่รบกวนกัน

มาถึงตรงนี้ผมตกหล่นอะไรไปอีกน้อ.. อ้อ
ใช่แล้วครับเรื่อง GND ตรงนี้เราลองมาดูจากรูปวง
จรกันอีกทีนะครับ

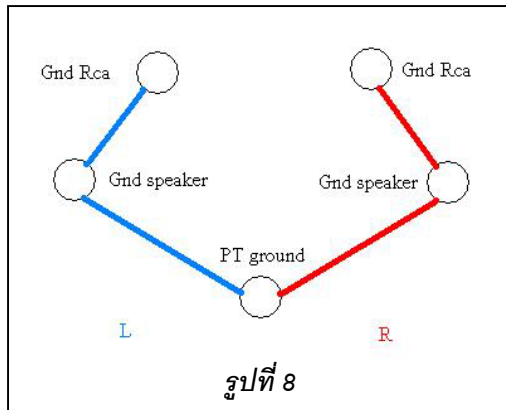
เรื่องกราวนด์นี้ผมอยากแนะนำให้ศึกษา
จาก Sakuma's 2-Earth Method นะครับ ที่

MAXIMUM RATINGS		
DESIGN-CENTER VALUES, EACH SECTION		
Plate Voltage.....	300	Volts
Negative DC Grid Voltage.....	50	Volts
Plate Dissipation.....	2.5	Watts
Heater-Cathode Voltage		
Heater Positive with Respect to Cathode.....	90	Volts
Heater Negative with Respect to Cathode.....	90	Volts

แสดงค่า Heater-Cathode Voltage ของหลอด 12AT7

รูปนี้ (รูปที่ 8) แสดงหลักการครับ เราแยกกราวนด์ออกเป็นด้านซ้ายและขวา ก่อน โดยจุด GND RCA และ GND Speaker เราถือเป็น S-GND ครับ เราก็สามารถเอาอุปกรณ์ที่มีสัญลักษณ์ลง S-GND มาวางไว้ได้เลยครับ โดยแยกแต่ละข้างออกจากกันนะครับ โดยจะไปรวมที่จุด PT Ground ก็คือจุด Power Transformer Ground ซึ่งจะเป็นจุด Power Ground มารวมด้วยที่เป็นพวก Ground C Filter และจาก R Cathode ทั้งหลายนะครับ แล้วก็ที่จุด PT นี้เราก็จะเอา Ground ที่เป็นตัวยกระดับไฟแรงดันให้หลอดมาไว้ที่นี้ด้วย

เอาละครับ ที่นี้คงไม่ตกหล่นอะไรแล้วก็ใต้เวลาเปิดดู ตอนแรกมาเขียนครับ ไม่มีเสียง แล้วก็ดัง



จีจีจี... รีบวิ่งไปปิดเลย์ครับ ต่อมาได้ไล่ดูปรากฏว่า ต่อผิดเองครับไป Short Vb+ ลงกราวด์ซะงั้น เอ้อ พอแกะอะไรเข้าที่ทางหมดแล้ว เปิดอีกทีครับ ปรากฏว่าเสียงดีเลย์ครับ Dynamic ดีมากรายละเอียดมาแรง รีบวัด Vp ได้ 360V แต่เอะ แปลกแปลก.... ไซ้แล้วครับ เพลทแดง!! เลยต้องปิดครับทั้งที่ฟังแล้วเสียงเรียกว่าไช้ได้เลย (ผิดกับ Concept แรกครับว่าจะให้ช้าหวานไว้ กลับกลายเป็น Dynamic ดี รายละเอียดดีไปซะงั้น ตรงข้ามกับ Super Triode Connection ที่เพื่อนต่อครับ ตัวนั้นกลายเป็นว่าได้เสียงช้า หวาน ลื่นครับ ซึ่งตอนแรกตั้งใจจะทำให้มันสดไดนามิกดี ก็ถือว่างานนี้ไปคนละทางครับ ฮา...) ที่เพลทแดงเพราะเรากำหนดจุดไว้ที่ 275V ไซ้ใหม่ครับแล้วตรงนั้นก็มีการเสสูงอยู่แล้ว พอ Vb+ สูงขึ้นไปถึง 360V ทำให้กระแสพุ่งไปใหญ่ ดังนั้น ผมจึงได้แก้โดยเพิ่ม Rk เป็น 240 Ohm ซึ่งมันก็ยังแดง

อยู่ดีแต่ลดลงแล้ว ผมจึงเพิ่มเป็น 360 Ohm จึงจะหายแดง แต่เสียงยังคงสด รายละเอียดดีอยู่ครับ อาการเครียดก็ลดลงมามาก โดยที่โหมด Ultra-Linear จะได้รายละเอียด และ Dynamic ดีกว่า แต่ Triode โหมดนั้นจะได้ความเนียนกว่า ซึ่งก็แล้วแต่ชอบครับ เวลาที่ผมฟัง Classic ก็จะมีฟัง Ultra-

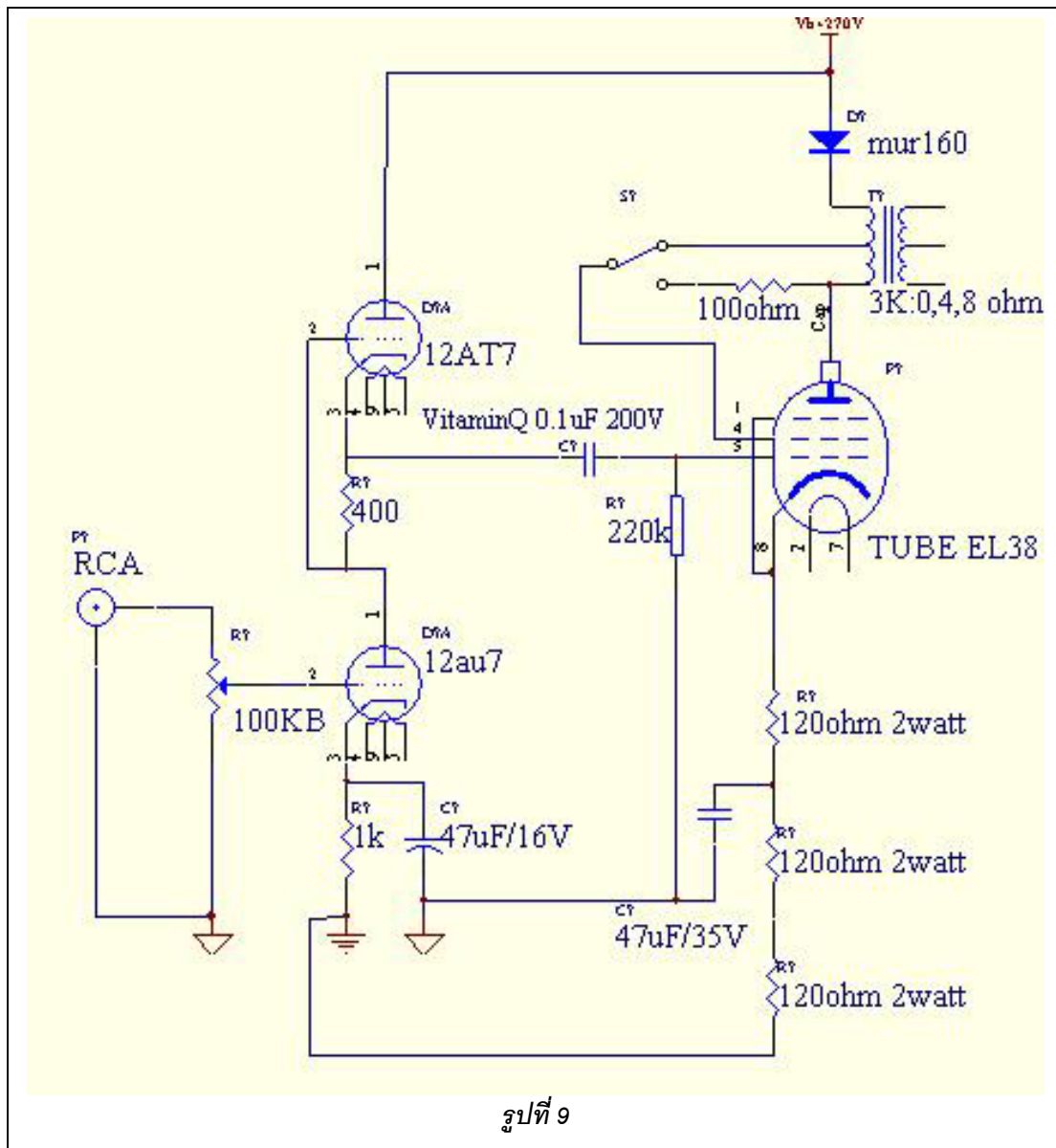
Linear แต่เวลาฟังเพลงร้องก็จะปรับเป็น Triode ครับ เรียกว่าเลือกอารมณ์ได้ แล้วเราก็ลองมาดูครับจะพบว่าขาของ EL38 นั้นจะเหมือน EL34 และ 6L6GC เลย โดยยกเว้นแค่ ขา 3 เท่านั้นเองที่กลายเป็นจุก แต่ ขา 3 ของ EL38 นั้นก็ไม่ได้ต่อกับขาใด ทำให้สามารถที่จะต่อเป็นขา Plate ของ EL34 และ 6L6GC ได้ ถ้าต้องการใส่ 6L6 จะต้องหา R มาต่อที่ B+ ให้ได้แค่ไม่เกิน 250V เท่านั้น ซึ่งตอนหลังผมก็ได้ลดไฟ B+ เหลือแค่ 220V เท่านั้น ก็สามารถให้เสียงออกมาได้ดีเหมือนกันครับ โดย Dynamic จะลดลงไปนิดนึง แต่ก็ถือว่ายังมี Dynamic สูงครับ โดยยังสามารถใส่ EL34 และ 6L6GC ได้ อ้อ ยังมี KT88 อีกหลอดหนึ่งครับ ที่นี้เราลองมาดูวงจรของเรานะครับว่าหน้าตาเป็นอย่างไรแล้ว

ตรงนี้ (รูปที่ 9) เป็นวงจรสุดท้ายที่ผมทำครับ R ที่ไม่ได้ระบุ Watt ไซ้ 1/2 Watt Vitamin Q ให้ใช้ที่ทน V ได้มากกว่า 200V ขึ้นไปเลยนะครับ จะเห็นว่าที่ ขา Cathode จะมีการ ใส่ C Bypass ไว้



รูปเครื่องต้นแบบ ซึ่งสร้างแผ่นไม้อัด

จุดหนึ่งโดยไม่บายพาสทั้งหมด ซึ่งจะมีผลทำให้ อัตราการขยายลดลง คือมี Local Feedback นั้นละครับ ซึ่งถ้ากล่าวก็คือมันจะทำให้ Damping Factor เพิ่มขึ้น ในด้านเสียงก็คือมันจะคุมเบสได้ดีขึ้นครับ เป็นตัวมากขึ้น แต่มันจะไม่นุ่มเท่ากับการ Bypass ทั้งหมด อันนี้แล้วแต่คนชอบครับ จะไม่ใช่



C เลยก็ได้ ซึ่งก็จะทำให้เบสเป็นตัวตน รายละเอียดดีขึ้น แต่ความนุ่มนวลจะน้อยลง ถ้าใส่หมดยกทำให้เบสมันจะบวมๆ คุณไม่ค่อยได้ครับ นานาจิตตังงาน DIY นี่แล้วแต่เจ้าของครับ

ภาคจ่ายไฟนี้ ผมคำนวณให้ได้ V-Out ออกมาประมาณ 270V นะครับ จะได้สามารถใส่ 6L6 ได้ แต่สำหรับท่านที่ต้องการ Dynamic ที่ดีกว่าก็สามารถสั่งหม้อแปลงที่ Voltage สูงขึ้นได้ครับ หม้อแปลง 300-0-300 250mA นะครับ

มาถึงตรงท้ายนี้แล้วอาจมีคำถามว่า แล้วหลอดหน้าเปลี่ยนไม่ได้หรือ? เปลี่ยนได้ครับ

สามารถเปลี่ยน 12AU7 เป็น 12BH7 และหลอดที่ขาเหมือนกันและค่า mu ต่ำๆ ได้ ส่วนหลอดบนสามารถเปลี่ยนเป็น 12AX7 หรือหลอดที่ mu มากกว่า 60 ได้โดยที่ขาต้องเหมือนกันนะครับ สุดท้ายนี้ผมหวังว่างานชิ้นนี้ คงจะทำให้ทุกท่านพอที่จะมีไอเดียในการพัฒนาต่อไป ไม่จำเป็นต้องยึดติดกับหลอดราคาสุดโต่งที่แสนจะซูดเนื้อรืดเลือดครับ มีข้อสงสัยประการใดเกี่ยวกับโครงงานนี้ สามารถติดต่อสอบถามผมได้ที่

krishorpaopan@hotmail.com ครับ

**DIY JOURNAL
YEARBOOK
2004**