

DIY JOURNAL

A photograph of several vacuum tubes of various sizes and shapes arranged in a row on a wooden surface. The tubes are illuminated from the side, creating a warm, golden glow and casting long, soft shadows. The background is blurred, emphasizing the tubes in the foreground.

YEARBOOK 2006

FAREWELL ISSUE

FAREWELL MY JOURNAL

ในที่สุดก็มาถึงวันที่ผมต้องเขียนบทบรรณาธิการบทสุดท้ายนี้จนได้

ผมนึกย้อนหลังไปถึงเมื่อหลายปีก่อน สมัยที่ผมเพิ่งเริ่มสนใจงาน DIY ใหม่ๆ เพิ่งจะผ่านพ้นการทำแอมป์หลอดด้วยตนเองทั้งตัวเป็นครั้งแรกได้ไม่นานนัก ความสนใจทั้งหมดพุ่งไปที่การที่จะค้นหา ค้นคว้า และลงมือทำด้วยตนเอง ซึ่งมันเป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้นจริงๆ สำหรับผมที่พบว่า เราสามารถที่จะออกแบบและสร้างเสียงในแบบที่เราชอบ อีกทั้งได้ค้นพบสิ่งใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา การที่ได้เสาะหาชิ้นส่วนต่างๆ และการประกอบมันเข้าด้วยกันนั้นมันไม่ต่างจากการปรุงอาหารจานใหม่มาลองชิมรสชาติ ความสนุกในการที่ได้เสาะหาสูตรอาหาร การหาเครื่องปรุงและส่วนผสม ความสนุกที่ได้ปรุงรสชาติ แล้วทดลองชิม อร่อยแล้วก็ยังคิดว่ามันต้องอร่อยขึ้นไปอีก บางทีปรุงแล้วไม่อร่อยก็ถึงกับไม่เป็นอันหลับนอน ต้องหาวิธีหรือหาเครื่องปรุงที่เข้ากันมาปรุงจนพอใจ ความสุขและความภาคภูมิใจหลังจากการได้ทานอาหารอย่างเอร็ดอร่อย ซึ่งมันยังไม่สนุกเท่ากับการที่เมื่อคิดว่าปรุงจนได้ที่แล้ว ได้นำอาหารจานนั้นไปให้เพื่อนฝูงทดลองชิมกันด้วย ซึ่งก็น่าแปลกนะครับว่าในระยะเวลาเดียวกันนั้น ผมพบว่ามีคนที่น่าสนใจในสิ่งเดียวกันกับผมมากมาย และเขาเหล่านั้นก็แอบปรุงอาหารจานเด็ดอยู่เงียบๆ ที่บ้านเช่นกัน

ผมคงต้องขอบคุณกับการที่โลกของเราแคบลงด้วยอิทธิฤทธิ์ของอินเทอร์เน็ต มันทำให้กลิ่นอาหารของผมและบรรดาพ่อครัวทั้งหลายได้มีโอกาสล่องลอยออกไปเตะจมูกซึ่งกันและกันได้ง่ายขึ้น ซึ่งไม่น่าเชื่อเลยว่าในช่วงนั้นจะมีปรากฏการณ์แบบนี้เกิดขึ้นทั่วโลก ปรากฏการณ์ที่ว่านี้ก็คือ DIY ใจละครับ และก็ในช่วงนั้นเช่นกัน ที่ผมรู้สึกว่าการเล่นเครื่องเสียงแบบ Hi-End กำลังเริ่มถูกเครื่องเสียงราคาถูกหรือมหรธรมการดูหนังฟังเพลงแบบที่เรียกว่า Home Theatre เข้ามาแทนที่มากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ต้องพูดถึงวันนี้ ที่เราสามารถพกเพลงนับพัน หรือหมื่นเพลง ลง iPod ตัวแบนๆ ไปฟังที่ไหนก็ได้ ไม่ใช่ผมจะว่ามันไม่ดีนะครับ มันดีมากๆ ที่เดียวสำหรับคนที่ขาดเสียงดนตรีไม่ได้ ก็มันอยู่ที่เราจะฟังเพลงหรือฟังเสียงนั้นแหละครับ อันนี้ก็เป็นเรื่องเก่าๆ ที่เราเคยคุยกัน

กลับมาเรื่องอาหารของเรากันดีกว่า เอาเป็นว่าเมื่อจะอำลากันแล้ว ก็คงจะคิดถึงวันเก่าๆ ที่หัวร้างยังควันดูอยู่บนโต๊ะทำงาน เช้าใหม่ครับว่า ช่วงนั้นที่ลิ้นชักโต๊ะทำงานที่บริษัทผมมีหัวร้างด้วยครับ แนนอนครับว่า ได้โต๊ะก็จะมีสิ่งประดิษฐ์พิสดารที่ไม่มีใครรู้ว่ามันคืออะไร หงายท้องอยู่อีกด้วย เย็นๆ เพื่อนๆ กลับบ้านกันไปแล้ว ผมก็จะยกมันขึ้นมา จ้มนู่นไปเรื่อย พอเริ่มจะได้ที่ก็ยกหูโทรศัพท์ขึ้นมา คนที่คุยกันประจำในช่วงนั้นก็ มี อาร์ต คุณสมโภชน์ คุณเชษฐา คุณฉือต คุยกันชนิดที่ว่าถ้าคนไม่รู้ จะต้องคิดว่าเราคุยกับสาวๆ อยู่แน่นอน เพราะดูเป็นการคุยที่มีความสุข หน้าตายิ้มแย้มแจ่มใสผุดปรกติ คุยกันได้ทุกวัน ทุกเวลา เป็นเรื่องสำคัญอันดับหนึ่งเลยก็ว่าได้ การได้พูดคุยกับเพื่อนๆ ในช่วงนั้น ทำให้ผมได้รู้ว่า ยังมีคนที่ผมไม่รู้จักอีกมากมายที่สนใจในสิ่งเดียวกัน ที่พร้อมจะแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในเรื่องนี้กับเรา

ในที่สุดผมก็เขียนครับ ถึงแม้ว่าตัวเองจะไม่ได้มีความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากมาย ที่ผมรู้จักคือ $V=IR$ เท่านั้นแหละครับ ฟิสิกส์ภาษาไทยก็ไม่มี แต่มันอยากจะทำอะไรสักอย่างเพื่อเป็นหลักฐานว่า ครั้งหนึ่งเราเคยยืนอยู่ตรงนี้นะ เราเคยบ้าอย่างนี้ และที่สำคัญคือเราคิดอย่างนี้ ความคิดมันมีแรงจริงๆ เพราะที่แรกคิดว่าจะประจำทำทุกเดือนด้วยซ้ำไป แต่เอาเข้าจริงก็อย่างที่เห็นนั่นแหละครับ เขียนหมดคน

เดี๋ยวมันไม่ไหว ก็ได้อาร์ตมาช่วยทำให้มันสำเร็จลงได้ และยิ่งพอถึงวันนี้ ผมรู้สึกดีจริงๆ ที่ DIY Journal มีผู้ร่วมเขียนบทความมากมาย เป็นหลักฐานที่จริงจัง ชัดเจนทีเดียวในวงการ DIY นะครับ ลองคิดดูนะครับ Sound Practices, Glass Audio, หรือหนังสือ Online อย่าง Valve ก็ปิดตัวไปกันหมดแล้ว เรายังอยู่กันถึงวันนี้

อีกสิ่งหนึ่งซึ่งเริ่มต้นกันมาในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันกับ DIY Journal ก็คือ Shootout Date หรือที่เราเรียกกันสั้นๆ ว่า SOD นั่นเอง ที่เริ่มต้นครั้งแรกที่บ้านผมจำนวนคนที่ชนอาหารจานเด็ดของตัวเองมาให้ทดลองชิมกันไม่ถึง 10 คน จนถึงครั้งที่มากที่สุดๆ ร่วม 30 คน สถานที่ก็ต้องขอขอบคุณ คุณวิทยา คุณเชษฐา คุณกนก คุณวิวัฒน์ ที่ได้เอื้อเฟื้อและเสียสละเวลา รวมถึงการที่ต้องอัญเชิญท่าน ผบ.ทบ. ให้ออกไปเที่ยวที่อื่น เพื่อเคลียร์สถานที่ให้พวกเราครับ การนำอาหารที่คิดว่าปรุงจนอร่อยสุดๆ เนื้อหมักจนนุ่มหวาน น้ำซุปรูทที่กรองจนใส ทุกอย่างไม่มีที่ติ ไปให้เพื่อนฝูงลองชิมกันนอกบ้านนั้น ปรากฏว่าแค่ตักออกมาอุ่นในหม้อคนละใบ ตักใส่จานคนละแบบกับที่บ้าน ทำให้รสชาติที่คิดว่าแน่นั้น มันเปลี่ยนแปลงไป เนื้อไม่นุ่ม น้ำไม่ใส กลิ่นไม่หอม ก็ไม่แปลกหรอกครับ ได้รสชาติไปอีกแบบ แบ่งกันชิม แบ่งกันชม

อันที่จริงผมต้องขอบคุณทุกท่านนะครับที่让我เขียนบทบรรณาธิการนี้ เนื่องจากช่วงหลังๆ ผมไม่ได้ช่วยทำอะไรเลย บทความก็ไม่ได้เขียน เครื่องก็ไม่ได้ทำ Email ก็ไม่ได้ตอบ อันที่จริงพออาร์ตบอกว่าเป็นฉบับสุดท้ายแล้ว ผมก็คงต้องบอกว่าได้แล้วแต่ทุกคนนั่นแหละครับ เพราะผมไม่ใช่เจ้าของแต่ผู้เดียว แต่เป็นพวกเราทุกคน มันเป็นการจบลงด้วยความรู้สึกดี ๆ นะครับ และผมก็ไม่ได้มีความรู้สึกเสียตายใดๆ ในการที่มันจะยุติลง เพราะมันก็เป็นไปตามธรรมชาติของมัน ไม่มีใครบังคับให้มันเกิดขึ้นเลย

มันอาจเกิดขึ้นอีกก็ได้ครับ ใครจะไปรู้

ประดิษฐา สิงหรา

20 กรกฎาคม 2550

©บทความทั้งหมดในเอกสารชุดนี้ สงวนลิขสิทธิ์การตีพิมพ์, ทำซ้ำและดัดแปลงโดยผู้เขียนบทความ
วงจรต่างๆ อนุญาตให้ใช้ได้ในงาน DO IT YOURSELF เท่านั้น

TABLE OF CONTENT YEARBOOK 2006 ISSUE

Pages	Topic / Article
a	FAREWELL MY JOURNAL..... บทบรรณาธิการ
c	TABLE OF CONTENT..... เล่มนี้มีอะไรบ้าง?
A/1	VT-64 SE AMP..... จุดหมายปลายทางยังอีกไกล
B/1	แฝดคนละฝา..... The Dissimilar Twin Triode
C/1	BALANCE MODE NON-OVERSAMPLING DAC..... กลับมาอีกครั้งใน Version Balance
D/1	845 SE AMP..... อภิมหาโครงงานล้านปีของผม
E/1	#27 FIXED BIAS TRIODE PRE-AMPLIFIER..... ปริ๊นซ์ตัวนี้คุณเองก็ทำได้
F/1	ผมชอบหลอดทีวีครับ..... แนะนำหลากหลายหลอดทีวีที่น่าใช้
G/1	F2a PUSH PULL AMP..... My Dream of Klangfilm
H/1	DIRECT INTERPOLATION DIGITAL TO ANALOG CONVERTER..... อีกแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ Non-OS DAC เพื่อผลลัพธ์ที่ดีขึ้น
J/1	CATCH ON TO CLASSICAL BY 211 SINGLE-ENDED AND EVEII-F..... ประสบการณ์อันมีค่าจาก DIYer ที่ชื่นชอบ Classical Music
K/1	FINALIZE MY OPT..... ในที่สุดก็ถึงฉากสุดท้ายซะที
L/1	BASIC VACUUM TUBE ELECTRONICS PART 3..... Class A2
M/1	DIY YOUR OWN DAC PART 1..... Paralleling R-2R DAC
N/1	DIY YOUR OWN DAC PART 2..... Prototyping OS-DAC
P/1	THORNY AMP..... 801A Class A2 Experience
Q/1	FULL OPTION PRE-AMPLIFIER..... All Transformer Coupling Pre-amplifier
R/1	GROUND GRID I/V CONVERTER..... The Trilogy of Circuit Development
S/1	ทำเนียบผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดทำ DIY Journal

เป็นที่น่ายินดีที่ DIY Journal Yearbook 2006 ฉบับนี้ ถึงแม้จะเป็นฉบับสุดท้ายแล้ว แต่ก็ยังได้รับการสนับสนุนจากเพื่อนๆ ใน Mailing List ThaiAOTN มามากถึง 16 บทความ รวมกว่า 150 หน้า มากที่สุดเท่าที่เคยทำกันมาทีเดียว ทีมงานขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ที่มีให้กันอย่างสม่ำเสมอ และขอภัยสำหรับความล่าช้าในการรวมเล่มเหมือนเดิมครับ

ในเล่มนี้ประกอบด้วยบทความหลากหลายเรื่องราวและระดับเนื้อหาแตกต่างกันไป มีทั้งบทความโครงงาน, บทความวิชาการ และเรื่องเล่าสู่กันฟังครับ บางบทความก็เป็นข้อสรุปของการเดินทางอันยาวนานเช่น Finalize My OPT และ Catch on to Classical by 211 Single-ended and EVEII-F ในเล่มนี้ยังเสนอแนวทางการเล่น DAC ที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งการประยุกต์จาก Non-OS DAC ที่นำเสนอมาโดยตลอด และการแหวกแนวไปเล่น OS DAC บ้าง มีส่วนของวิชาการเรื่องการออกแบบ Class A2 และโครงงานวงจร Class A2 เป็นตัวอย่างหลายโครงงาน คงจะเป็นแรงบันดาลใจและ Idea ให้ผู้อ่านนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปพัฒนาต่อเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับวงการ DIY บ้านเราได้อีกมากครับ ถึงแม้ว่า DIY Journal ฉบับนี้ จะเป็นฉบับสุดท้ายแล้ว แต่วงการ DIY บ้านเราก็จะยังคงพัฒนาต่อไป ไม่มีที่สิ้นสุด จริงไม่ครับ?

ทีมงาน DIY JOURNAL YB2006

20 กรกฎาคม 2550

VT-64 SE AMP

จุดหมายปลายทางยังอีกไกล

Author : Kriengsak Chawamatee



"Unfinished" Singable VT-64 SE Amp

สวัสดีครับ ในบทความของ DIY Journal Yearbook ที่ผ่านๆ มานั้น จะเป็นบทความที่แสดงถึงโครงการที่ประสบความสำเร็จของนัก DIY เป็นส่วนใหญ่ แต่สำหรับในปีนี้ ผมอยากเสนอความแปลกใหม่สักบทความหนึ่ง นั่นคือบทความของโครงการที่ไม่ประสบความสำเร็จครับ ถ้ามว่าไม่ประสบความสำเร็จแล้วดันเอามาลงทำไมละเนี่ย ผมว่าใจเย็นๆ นั่งอ่านดูแล้วคุณจะต้องชอบ ผมการันตี!

ที่มา

ผมเป็นนัก DIY ที่ค่อนข้างประหลาดอยู่สักหน่อย คือผมเป็นคนที่ไม่ชอบหลอดที่มีเขาเลยครับ (หลอดที่มี "เขา" ในความหมายของผม คือหลอดที่มี Plate Cap ทั้งหลายทั้งปวง ไม่ว่าจะงอกออกมาจากหัวหรือลำตัวก็ตาม เช่น 807, 811A, 866A เป็นต้น) ด้วยความรู้สึกว่าจะเป็นางไม่ดี (อาจทำให้ถูก

สวมเขาได้หากจะมาเล่นหลอดมีเขา ฮา...) แต่อยู่มาวันหนึ่งชีวิตผมก็เปลี่ยนไป เมื่อผมดันไปเห็นโครงการของญี่ปุ่นอยู่โครงการหนึ่ง ที่พี่แกล่นใช้หลอดแบบ 2 เขาทั้งหมด แล้วเรียกอย่างสวยงามว่า All Snail Vacuum Tubes Amplifier Project ผมดูแล้วหน้าตามันน่ารักมากจนอดใจไว้ไม่ไหว เลยมีลูกบ้าขึ้นมา ต้องเอาสักหน่อยแล้ว แต่เพื่อไม่ให้เสียเหลี่ยม ผมจึงเรียกโครงการของผมว่า All Buffalo Vacuum Tubes Amplifier Project แทนครับ

All Buffalo Project เอ้ย All Snail Project นี่ เป็นโครงการแอมป์หลอดที่น่าสนใจหลายประการ ได้แก่ หนึ่ง เป็นแอมป์ที่ใช้หลอด Power Output ที่ เป็น Transmitting Tube, สอง ออกแบบการทำงานภาค Output เป็น Single Ended Class A2 และ สาม หลอดทั้งหมดดูแปลก, มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และดูน่ารักมากๆ ครับ



All Snail Vacuum Tubes Amplifier ของ DIYer ชาวอาทิตย์อุทัย



RCA VT-64 (800)



Hytron VT-232 (E1148)

ตามโครงงานเดิมของชาวญี่ปุ่นคนนี้ แก่ใช้หลอด Power Output เป็นหลอด RCA VT-64 หรือเบอร์ 800 นั่นเอง โดยเบอร์ 800 นี้เป็นหลอด Direct Heated Triode ที่อยู่ในกลุ่ม Transmitting Tube มี 2 เชา (ขออนุญาตเรียก Plate Cap ว่าเขาแล้วกันนะครับ) เขาหนึ่งเป็น Grid อีกเขาเป็น Anode นัยว่าเพื่อให้ Inter-electrode Capacitance ต่ำที่สุด ส่วนหลอด Driver แก่ก็ใช้หลอด Hytron VT-232

(E1148) และ RCA 2C22 (7193) ซึ่งเป็นหลอด Indirect Heated Triode ที่มี 2 เชาเช่นกัน โดยคุณลักษณะของหลอดทั้งสองเบอร์นี้ จะเหมือนหลอด 6J5 ซึ่งเป็นซิกหนึ่งของ 6SN7 ครับ นอกจากนี้เพื่อความพิสดารเป็นที่สุด แก่ยังอุดส่วที่ไปหาหลอด Rectifier 2 เขามาใช้จนได้ คือหลอด PV200/1000 (น่าจะเป็นของ Tungsram) สุดยอดของความพยายามหาหลอดของแก่ครับ นับถือ! นับถือ!!



RCA 2C22 (7193)



Raytheon RK-61 (1641) Full-wave Rectifier

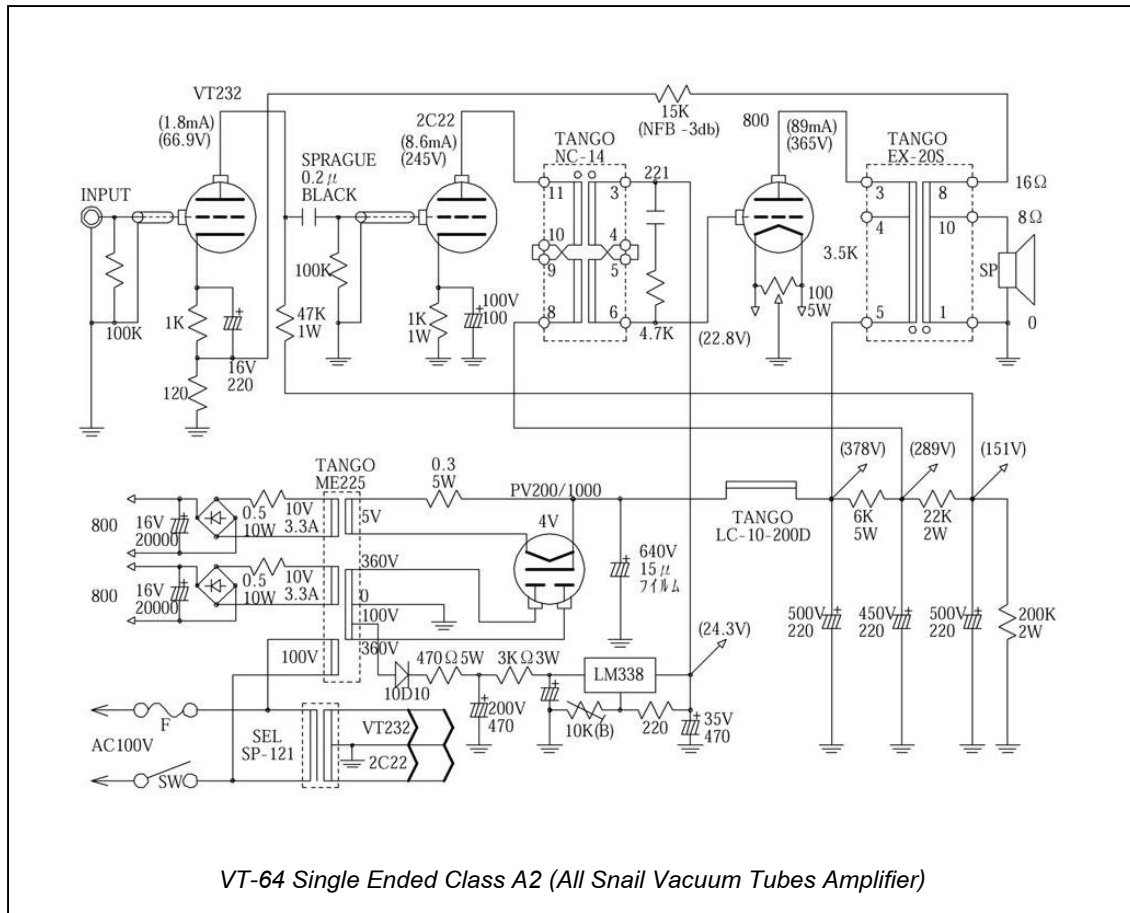
ที่นี้มาดู All Buffalo Vacuum Tubes Amplifier ของผมบ้างครับ เนื่องจากผมต้องการให้หลอดมี 2 เซ้าทั้งหมดเช่นกัน ดังนั้นในส่วนหลอด Power Output และหลอด Driver ผมก็ต้องใช้เหมือนเค้าคือ หลอด RCA VT-64 และ Hytron VT-232 กับ RCA 2C22 ที่นี้ในส่วนหลอด Rectifier ผมก็ไล่หาหลอด 2 เซ้าเช่นกัน แต่มันหายากมากเลยเจ้าหลอด PV200/1000 เนี่ย ผมไม่รู้ว่าจะไปขุดมาจากไหน ในที่สุดผมก็เลยตัดสินใจใช้หลอด RCA 866A ไปก่อน มันมีเซ้าเหมือนกันแต่เป็นเซ้าเดียว และสุดท้ายผมก็หาหลอด Rectifier 2 เซ้ามาจนได้ หลังจากกรอใน eBay มาแสนนาน ผมก็ประมูลหลอด Raytheon RK-61 ได้มา 2 หลอด นะว่าจะเอามาขานกัน แต่ก็ยังไม่มีโอกาสได้ใช้เพราะอะไรลองอ่านไปเรื่อยๆ ดูก่อนครับ

All Buffalo Vacuum Tubes Amplifier Project Part I:

ในส่วนวงจรนี้นั้นง่ายมากเลย คือผมก็ลอกฟิรูนี่ที่ผมไม่ทราบนาม เพราะอ่าน Information ของแกไม่ออก ขนาดแปลด้วย Babel Fish แล้วก็ยังไม่เจอว่าใครเป็นเจ้าของโครงการ แต่พอเดาๆ เอาได้ว่าชื่อตา Suzuki ซึ่งผมก็เลยถือวิสาสะ ลอกมาโดยที่ไม่ได้ขออนุญาตซะเลย (น่าจะไม่แปลกมั้ยน้า อี อี)

ส่วนวงจรใช้การ Drive ด้วยหลอด Driver 2 Stages โดย Stage หน้าเป็นหลอด Hytron VT-232 และ Stage หลังเป็นหลอด RCA 2C22 จากนั้นผ่าน Interstage Ratio 1:1 (5k:5k) ไปที่หลอด Output RCA VT-64 (800) ซึ่งจัดการทำงานเป็นแบบ Fixed Bias ที่ $V_g = +22.8V$ เท่ากับว่าวงจรนี้ทำงานใน Class A2 ที่ผมอยากทำ

ผมก็จัดการดัดแปลงวงจรเล็กน้อย โดยเฉพาะในส่วนหลอด Rectifier มาใช้หลอด RCA 866A ซึ่งเป็นหลอด Half-wave Mercury Rectifier รวมไปถึงค่าของตัวเก็บประจุในภาคจ่ายไฟ ผมก็ใช้ตามที่หาได้ในบ้านเรา (บ้านหมอนี่เอง) และในส่วนของการจุไส้หลอดเบอร์ 800 ผมก็ต้อง Filter หลายตลบหน่อย คือเป็น CRCLCLC คือเพิ่ม Common Mode Choke เข้าไปอีก 2 Stages เสียงของมันเป็นจิ้งจี้บสนิทไร้ Hum (มันคง Hum เล็กน้อย แต่ต้องเอานูไปแนบที่ลำโพงจึงจะได้ยินนะครับ) นอกนั้นผมก็คงการใช้วงจรตามต้นแบบไว้ทั้งหมด ในส่วนของ Interstage ผมใช้ Lundahl LL1671 High Current Interstage และในส่วน OPT ผมใช้ Hashimoto รุ่น H-20-3.5U โดย Tap ออกไปที่ 3.5k อ้อ อีกอย่างหนึ่ง คือผมไม่ได้ใส่ Feedback ตามวงจรเดิมด้วยเนื่องจากหม้อแปลงผมแยกออกมาจากแท่นแล้ว ผม

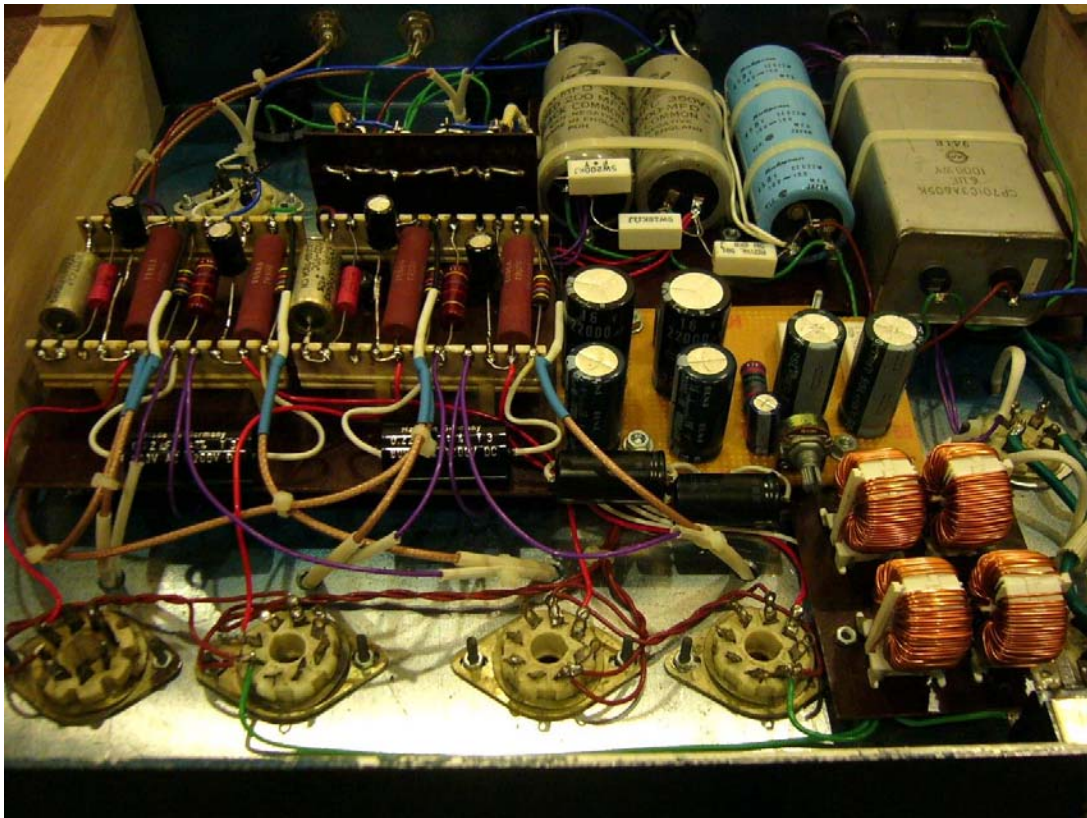


ไม่ได้ Wiring สายเพื่อให้ง่ายต่อแบบมี Feedback ได้ จึงทดลองใช้แบบไม่มี Feedback ไปก่อนครับ

ในส่วนขั้นตอนการทำ ผมก็ใช้วิธีแยกแทน ออกเป็นแท่นแอมป์กับแท่นของ OPT เพื่อจะได้นำ หม้อแปลงไปใช้กับโครงงานอื่นได้ง่าย ข้อผิดพลาด อีกประการหนึ่งคือ ขนาดของแท่นแอมป์มันเล็กไป หน่อย เพราะผมต้องการเน้นความสวยงามมากไป กะให้ง่ายดูแน่นๆ พอติดตั้งอุปกรณ์ได้แท่นมันเลย ค่อนข้างยากสักนิด เพราะไม่ค่อยจะมีที่ให้ติดเท่าไร นอกจากนี้ ผมยังดันไม่ได้เจาะรูระบายความร้อน รอบๆ หลอด Rectifier และ หลอด Power Output ด้วย กลัวว่ามีอะไรจะไม่นิ่งแล้วจะออกมาไม่สวย ทำให้แอมป์ร้อนพอสมควร แต่ในการใช้งานก็ยังไม่ มีปัญหาให้เห็นครับ

เมื่อดูภายใต้แท่นแอมป์อันยุ่งเหยิง ผม พยายามจะติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นระเบียบและ

สวยงามที่สุด โดยใช้อุปกรณ์พักสายมาไว้เพื่อเชื่อม ต่ออุปกรณ์พวก R และ C ในจุดต่างๆ โดยเฉพาะใน ส่วนหลอด Driver เพราะมันไม่มี Socket ให้เชื่อมต่อ ง่ายๆ แบบปกติ โดยที่ Grid กับ Anode มันต่อเข้า Plate Cap ของหลอดโดยตรง จึงค่อนข้างจำเป็นใน จุดนี้ ในส่วนขดลวด 4 ขดที่เห็นคือ Common Mode Choke ที่ผมใช้ Filter ในส่วนของการจุดไส้หลอด เบอร์ 800 อุปกรณ์หลักๆ ผมซื้อจากต่างประเทศซะ เป็นส่วนใหญ่ เช่นหลอดเบอร์ 800 ผมก็ประมูลได้ มาจากผู้ขายชาวฝรั่งเศส ซึ่งตอนแรกก็บอกว่ามี หลายคู่ จะเอาไปทำ Push Pull ใหม่ ผมก็ทำเป็นไม่ สนใจ พอมารู้เอาภายหลังว่าหลอดเบอร์ 800 นี้มันมี ราคาค่อนข้างสูงและหายาก พอผมจะไปซื้อเพิ่มดัน หมดไปก่อนซะแล้ว ส่วนหลอด Driver ทั้ง VT-232 และ 2C22 ผมก็ซื้อโดยตรงจากร้านขายหลอดใน อเมริกา ซึ่งราคามันถูกมาก เนื่องจากคงไม่ค่อยมี



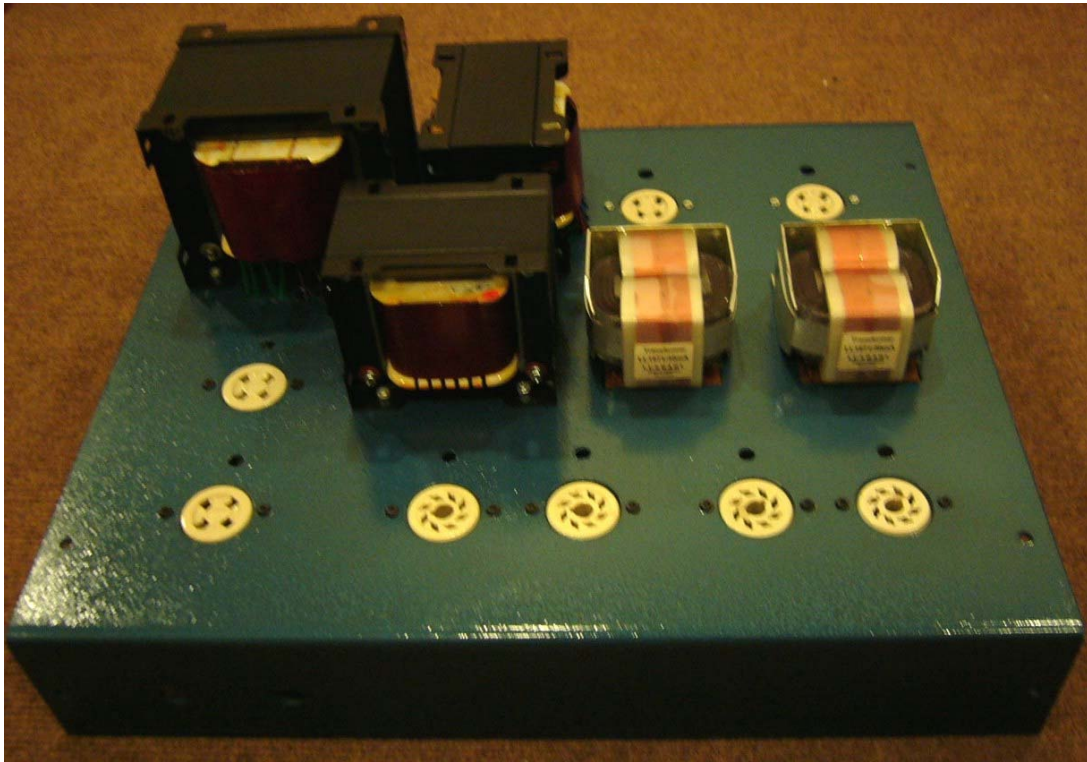
ภายใต้แท่นแอมป์อันอุดมไปด้วยอุปกรณ์หลากหลาย

ใครนิยมเล่นหรือไม่ก็เสียงไม่ดี ส่วน OPT ของ Hashimoto ก็เป็นของเดิมที่ผมซื้อมาใช้กับ EL156 โดยซื้อตรงจาก <http://www.eifl.co.jp> ที่ผมซื้อเป็น Hashimoto ก็เพราะเนื่องมาจากเห็น Spec เป็น Double C-core น่าสนใจดี ประกอบกับเพื่อนๆ ก็ยังไม่มีใครเล่น ส่วนใหญ่จะแห่ไปเล่น Tango กันหมด ผมก็เลยซื้อมาไว้เผื่อจะได้เอาไว้กั๊กกัน เอ้ย! เปรียบเทียบกัน และ Interstage Lundahl LL1671 ผมก็ซื้อมาจาก Martins Electronic ในลิงคโปร ในส่วนของอุปกรณ์ปลีกย่อย ผมก็ซื้อเอาจากในบ้านเรา รวมไปถึงหม้อแปลง Power กับ Choke ด้วยครับ

เมื่อผมทำเสร็จ ผมก็ทดลองใช้งานเลยครับ พอเปิดแอมป์ปั๊บ โอ้โฮ สวยงามมากครับ ไฟจากหลอด Rectifier สีฟ้าสดใส ส่วนหลอด Power Output ก็สว่างไสวสมกับที่เป็นหลอด Transmitting ที่มีไส้หลอดเป็น Thoriated-tungsten ยิ่งเปิดตอนกลางคืนแล้วปิดไฟในห้องฟัง ยิ่งสวยงามและโรแมนติกสมกับเป็นแอมป์หลอด แต่พอมาถึงเรื่องเสียง

คราวนี้สิครับที่เป็นปัญหา ผมฟังดูพบว่าเสียงมันค่อนข้างจะดังมาก อาจเป็นเพราะเกนขยายสูง แต่เรื่องความคมชัด และเสียงเบสที่หนักหน่วง ซึ่งเป็น Character ของแอมป์ที่ใช้หลอด Transmitting Tube Class A2 ทั่วไปนั่น เมื่อเทียบกับแอมป์ของผม ผมกลับจับความรู้สึกได้ว่าแหลมมันกุดๆ ยังไงชอบกล เสียงทุ้มเองก็บวมๆ คลุมเครือยังไม่รู้ รู้แต่ว่ามันไม่ดีเท่าที่ควร เพื่อความไม่ประมาท ผมจึงเชิญเพื่อนๆ มานั่งฟังด้วย แล้วทุกคนก็มีความเห็นตรงกันว่าเสียงมันแปลกๆ ซึ่งจริงๆ แล้วสำหรับหลอดเบอร์ 800 เสียงมันควรจะดีกว่านี้

เอาละสิ แอมป์ก็รูปหล่ออย่างที่ต้องการแล้ว แต่กะว่าจะเปลี่ยนเอาหลอด Raytheon RK-61 มาแทน RCA 866A ผมก็บรรลุนิติประสงค์ All Buffalo Project ของผมแล้ว แต่เสียงที่มันชอบกลๆ นี่สิ ทำให้คิดว่ามันต้องมีอะไรผิดพลาดซักอย่าง แล้วมันก็ค้างคาอยู่ในใจ จะทนใช้ไปอย่างนี้ก็กระไรอยู่ ข้อสันนิษฐานของผมกับเพื่อนๆ ก็คือหลอด Driver



แท่นแอมป์เมื่อมองจากด้านบนดูเรียบง่ายสวยงาม
(ไม่มี OPT ครีบ ที่เห็นข้างๆ PT เป็น Interstage Lundahl ครับ)

มันไม่ Work เสียงมันอาจไม่ดีนัก ยังไงลองเปลี่ยนหลอด Driver ดูก่อนน่าจะเห็นอะไรๆ ชัดเจนขึ้น นั้นเป็นที่มาของ ภาค 2 ครับ

All Buffalo Vacuum Tubes Amplifier Project

Part II:

อย่างที่กล่าวไว้ในภาคแรก ข้อสันนิษฐานเรื่องหลอด Driver ทำให้มันเป็นจำเลยที่ต้องถูกกำจัดออกไปแบบ กำจัดจุดอ่อน (แทนที่จะคิดว่าตัวเองฝีมือไม่ได้เรื่อง ฮา...) ผมก็ทำการผ่าตัดดัดแปลงพันธุกรรมมันซะ จนไม่ได้เป็น All Buffalo ซะแล้ว ในภาคนี้ ผมได้เปลี่ยนหลอด Driver มาใช้เป็นหลอด E55L หรือหลอด 8233 นี่เอง ผมมีความคิดที่จะใช้หลอดนี้ เนื่องจากผมเห็นโครงงาน UFO Amplifier ใน YB2005 ของคุณ Nattawoot ซึ่งนำมาใช้เป็นหลอด Driver ให้กับหลอด VT-191 แล้วได้ผลดี ผมเคยไปฟังมาเสียงดีใช้ได้เลยครับ ผมจึงลอกเอาไอเดียมา เพราะคิดว่าน่าจะใช้ได้ดีเหมือนกัน อันเนื่องมาจากหลอด VT-191 ก็เป็นหลอด Transmitting



UFO Amplifier ของคุณ Nattawoot ใน YB2005

Triode เช่นกัน และที่สำคัญหน้าตาแปลกพิสดารออกไปทางน่ารักๆ กัน

หลังจากที่หาหลอด Amperex E55L มาได้แล้ว ผมก็เริ่มบรรเลงเลย ผมจัดการถอดเอาชุด Driver ของเดิมทั้งหมดออกไป แล้วก็จัดการเอา E55L มาแทนในตำแหน่งหลอด Driver โดยคิดว่า Stage เดียวน่าจะพอเพียง โดย Run เป็น Triode Mode ที่ $B+ = 150V$, $V_p = 75 V$ และกระแส 25mA เนื่องจาก Limit ของ Interstage มันได้แค่

30mA ซึ่งตามจริงแล้ว หลอด E55L เป็นหลอดที่ ชอบการบริโภคนกระแสเป็นอย่างมาก บางทีกิน กระแสมากกว่าหลอด Output ที่มัน Drive เสียอีก นอกนั้นผมก็ใช้ Interstage และวงจรในภาค Output เหมือนเดิมเปี๊ยะ

เนื่องจากการลดหลอด Drive ลงเหลือ เพียง Stage เดียว ทำให้แท่นแอมป์มันจะมี Socket เหลือว่างอยู่ 1 คู่ ดังนั้นเพื่อความสวยงาม (อีกแล้ว) ผมจึงได้ใส่หลอด Regulator 0C3 เข้าไปแทน ซึ่ง นอกจากจะสวยงามแล้ว นี่ยังจะทำให้แรงดันไฟ เข้าไปเลี้ยงหลอด Driver ของผม จะได้ราบเรียบไป ด้วย คราวนี้น่าจะได้ผลดีกับเขาสักที

ผลของการปรับเปลี่ยนครั้งนี้ ออกมาดีขึ้น เพียงเล็กน้อย ฟังแล้วแหลมสดใสนิดหน่อย แต่โดยรวมมันยังคลุมเครือ เหมือนมีเมฆหมอกบดบัง ซึ่งมันควรจะดีกว่านี้ เพราะจริงๆ แล้ว Character ของหลอดเบอร์ 800 นี่มันควรจะดีกว่าที่ได้ยินกับหู จากเครื่องที่วางกองอยู่ข้างหน้าผมนี่เอง อุปกรณ์ที่

ใช้ มันก็อยู่ในฐานะที่ค่อนข้างดีไม่ชี้เหร่ ดังนั้นผมจึง ผิดหวังค่อนข้างมาก มองซ้ายมองขวาก็ไม่รู้จะโทษ อะไรดี จะโทษฝีมือตัวเองมันก็กระไรอยู่ หรือว่ามัน จะมาจากหม้อแปลง Output มันมีค่า Primary ต่ำ ไป เพราะทั่วๆ ไป เวลาเอาหลอด Transmitting Tube เช่น VT-25, 801A, 845, 211 มาทำแอมป์ มัน มักจะใช้หม้อแปลง Output ที่ 10k อย่างกระนั้นเลย ผมก็เลยทำการหีบยี้ม OPT Electra-print 10k มา ทำการทดลองใช้งาน ผลก็คือมันก็ไม่ได้ดีไปกว่าเดิม เลย นอกเสียจากหม้อแปลงที่หนักขึ้นอีกเกือบสอง เท่า เพราะมันเป็นหม้อแปลงที่ออกแบบมาใช้กับ หลอด 211 นั่นเอง มาถึงตอนนั้นผมก็เกิดอาการเซ็ง ขึ้นมาเพราะ ความหวังที่จะได้ทำหลอดมีเขาน่ารักๆ แล้วเสียสิดด้วยก็มลายลงไป

ในที่สุดผมได้ส่งแอมป์ตัวดังกล่าว ไปให้ คุณสมฤณช่วยวิเคราะห์ และทดลองกับหม้อแปลงที่มี ค่า Primary ต่างๆ ดู เพราะคุณสมฤณมีหม้อแปลง ยี่ห้อและขนาดต่างๆ อยู่ในมือมากมาย ผลปรากฏ

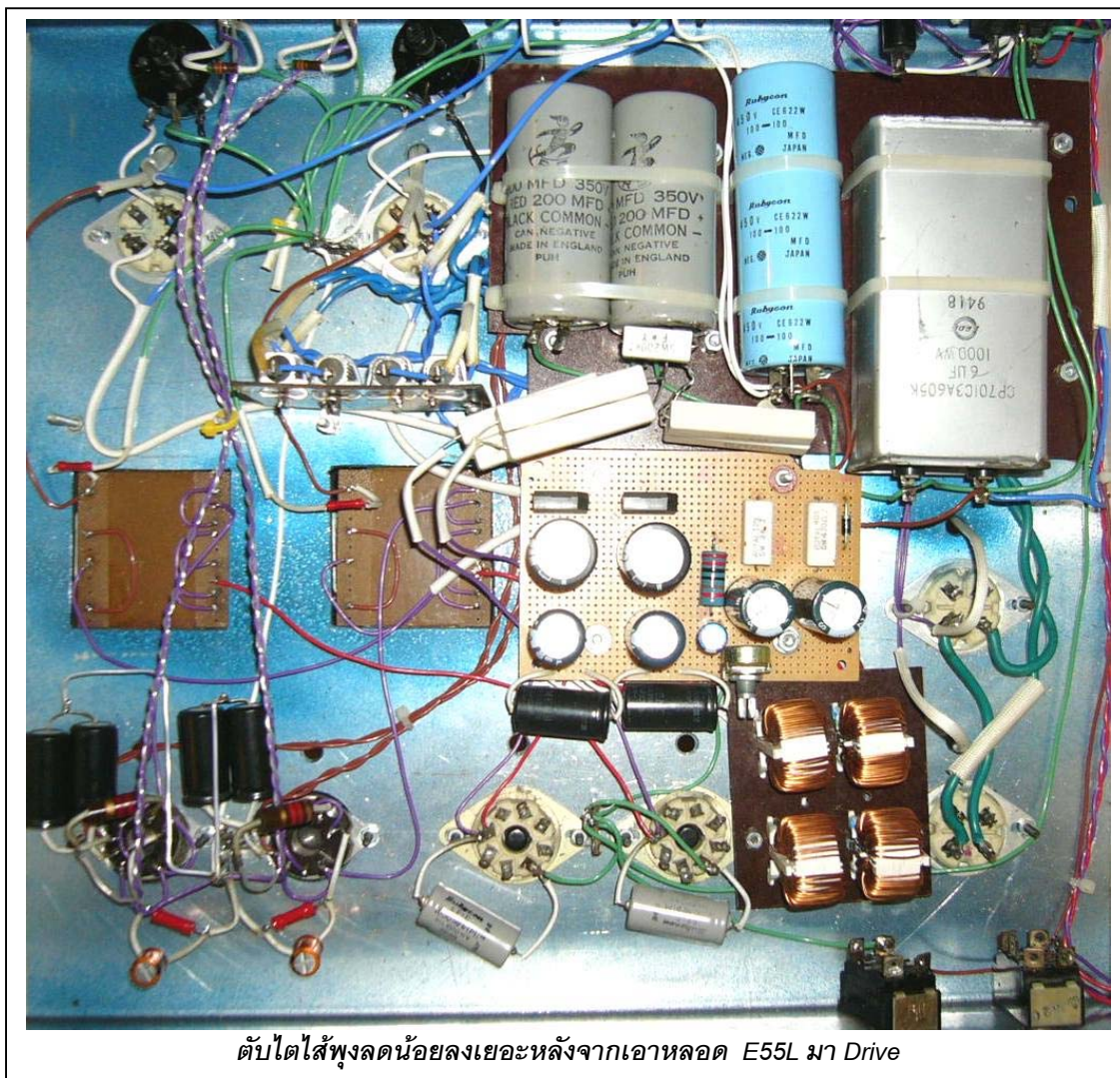


VT-64 ภาคสอง Drive ด้วยหลอด E55L

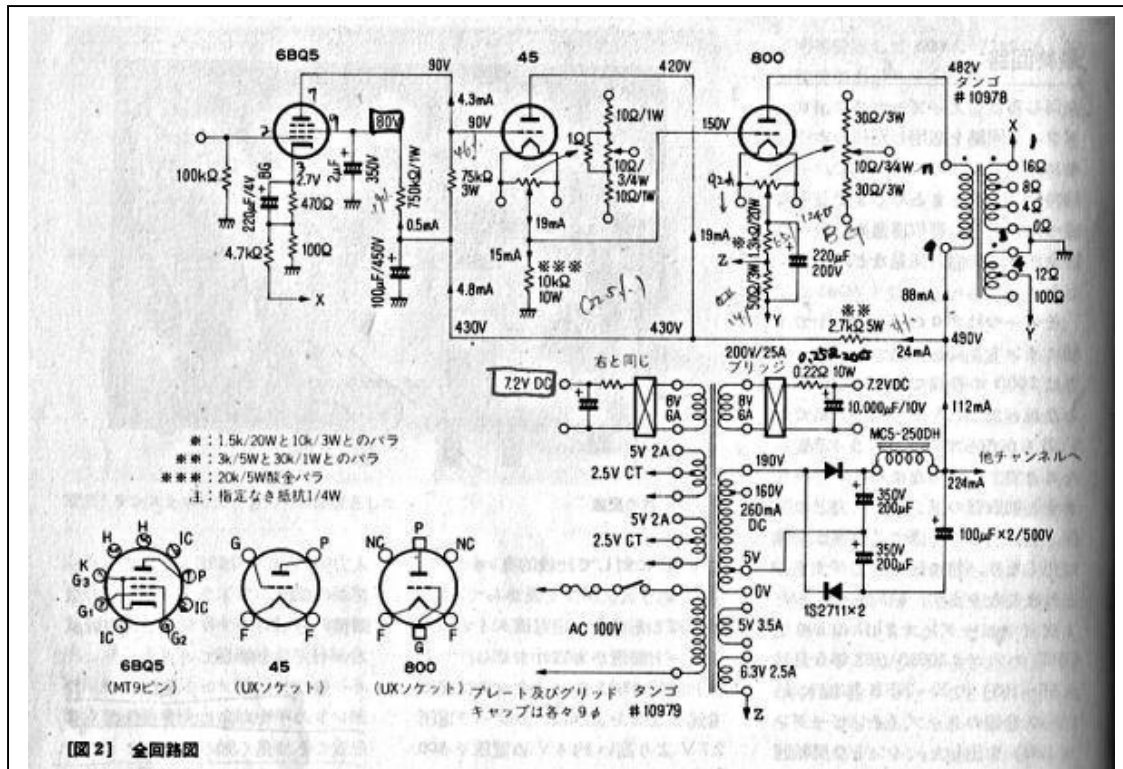
ว่าคุณสมุณได้เอาเครื่องมือวัดการทำงานของแอมป์ผมดู แล้วปรากฏว่าแอมป์มันทำงานได้ดีเพียงแคในช่วงกำลังขับไม่เกิน 1.5W เท่านั้น หลังจากนั้นแล้วแอมป์มันก็จะเริ่ม Clip แล้วมีความเพี้ยนออกมาอย่างมหาศาล ทั้งที่มันควรจะมิกำลังประมาณ 8W ทำให้เมื่อฟังดูด้วยหู มันถึงได้มีความรู้สึกว่ามันไม่ดีอย่างที่ควรจะเป็น (แน่ะ! ไหนใครว่าแอมป์หลอดต้องมี Distortion สูงๆ ถึงจะเสียงดีใจครับ อันที่จริงแล้วเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนครับ ปริมาณ Distortion ไม่ทำให้เสียงดีขึ้นแน่นอนครับ ความเพี้ยนก็คือความไม่ตรงกับต้นฉบับครับ) ไม่ว่าจะใช้หม้อแปลง Output ค่าเท่าใด ประกอบกับเมื่อดู Datasheet แล้ว การใช้หม้อแปลง Output ที่ 3.5k ของผมก็ยังคงเหมาะสมตามที่ระบุใน Datasheet อันที่จริง หนึ่งในสาเหตุของความเพี้ยนดังกล่าว มาจาก

ตัว Interstage ของผม ที่อาจเกิด Defect มาจากการผลิต และจากการออกแบบวงจรที่ไม่เหมาะสมก็ได้ ตอนนี้ทางออกผมมีเพียง 2 ทางเท่านั้นคือ หนึ่งไม่ต้องเดินรื้ออะไรมาก เพียงทำมันกลับมาเป็นวงจรแบบ All Buffalo Project เช่นในภาคแรก และเพิ่มวงจร Feedback เข้าไป แล้วใช้งานแบบจ๊ับๆ ไม่เกิน 2W (อย่างน้อยก็มีกำลังมากกว่าหลอด DHT Power อีกหลายๆ ตัวเช่น เบอร์ 1626, 45 เป็นต้น) แต่แนวทางนี้ดูจะเป็นการดูถูกหลอดเบอร์ 800 นี่มากไปหน่อย ดังนั้นผมคงต้องเลือกแนวทางที่สองคือผมคงต้องทำวงจรใหม่ทั้งในส่วนภาค Driver และในส่วนของการทำงานของหลอด Power Output เอง

มาถึงตรงนี้ ผมคิดว่าผมคงต้องอาศัยวงจรจากนักออกแบบที่ประสบความสำเร็จมากๆ และวงจรได้รับการพิสูจน์แล้วว่าใช้งานได้ดี ดังนั้นผมจึงคิด



ดับไฟให้หลอดน้อยลงเยอะหลังจากเอาหลอด E55L มา Drive



วงจรแอมป์หลอดเบอร์ 800 ของ Nobu Shishido
 ใช้หลอดเบอร์ 6BQ5 (EL84) และ 45 เป็นหลอด Drive

ว่าในภาคต่อไป ซึ่งเป็นไตรภาค ของ Lord Of The Ring เอ้ย! หลอดออฟเดอะบัฟฟาโร่ของผม น่าจะใช้ วงจรที่ออกแบบโดย Mr. Nobu Shishido ดีกว่า เพราะค่อนข้างมั่นใจในผลงานการออกแบบของแก ว่า ถ้าฝีมือในการทำไม่ออกทะเลมหาสมุทรแล้ว ผลงานต้องออกมาดีเป็นแน่แท้ (ผมเคยทำแอมป์โดยใช้หลอด 6C33C-B ตามแบบวงจรของ Nobu san มาครั้งหนึ่งแล้ว ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ) และในคราวนี้ผมจะได้เล่นสุดยอหลอดอย่างเบอร์ 45 กับเขาบ้าง เพราะ Nobu san แกใช้หลอด 6BQ5 (EL84) และเบอร์ 45 มา Drive เบอร์ 800 ซึ่งเมื่อผมกลับไปดู Datasheet ของ 800 อีกครั้ง ก็พบว่าจริงๆ แล้วใน Guide ของการใช้งาน ก็ใช้หลอดเบอร์ 45 นี่แหละ เป็นหลอด Driver (นี่แหละครับ ผลของการไม่ดูหรือไม่เชื่อ Datasheet ทำให้ต้องเสียเวลาหลงทางอยู่นาน) เมื่อวิเคราะห์หัดดูแล้ว วงจรนี้น่าจะประสบความสำเร็จ (อีกแล้ว) แต่คงต้องศึกษาให้ละเอียดรอบ

คอบเพิ่มอีกนิดหน่อย เพราะปกติวงจรของ Nobu san นั้น ปรเภทง่าย ๆ ไม่ค่อยมีให้เห็น พลัดพลังไปหลอดต่างๆ ที่ใช้อาจกลับบ้านเก่าก่อนเวลาอันควรได้ ภาค 3 ของเบอร์ 800 ของผมคงไม่ได้ง่ายอย่างที่คิด และก็คงเป็นไปตามชื่อบทความ “VT64 SE AMP จุดหมายปลายทางยังอีกไกล” นั่นเอง

บทสรุป

บทสรุปก็คือ ยังไม่มีบทสรุปสำหรับแอมป์ตัวนี้ แต่บทเรียนมีแน่นอนครับ ผมได้บทเรียนว่าการทำแอมป์เพียงแค่นี้ให้มีเสียงออกมาไม่ใช่เรื่องยาก แต่การทำแอมป์ออกมาให้เสียงดี ก็ไม่ใช่เรื่องง่ายเช่นกัน โดยเฉพาะการทำแอมป์โดยใช้วงจรและ Concept ที่แตกต่างจากวงจรทั่วไปที่นิยมทำกัน รวมไปถึงการนำหลอดแปลกๆ มาเล่น ก็เชื่อว่าประสบความสำเร็จทุกครั้งไป ของพรรคนี้ต้องมีความเสี่ยงกันบ้างเป็นธรรมดา และการทำแอมป์ตามแบบวงจรจาก Internet นั้น ไม่ได้หมายความว่า



Hashimoto H-20-3.5U

ผลจะออกมาดีเสมอไป ครั้งนี้โชคยังดี ที่ไม่เจอการวางยาจนถึงขั้นทำให้อุปกรณ์หรือหลอดของผม ต้องมอดม้วยมรณาไป และแม้ว่าเจ้าของโครงการได้ออกแบบไว้ดีแล้วก็ตาม เราอาจไม่ชอบเสียงของมันก็ได้ เพราะเงื่อนไขการใช้งานต่างๆ เช่น แหล่ง Input ของสัญญาณ, ชนิดและประเภทของลำโพงที่ใช้ รวมไปถึงรสนิยมในการฟังของผู้ออกแบบเอง ย่อมจะแตกต่างกันออกไป ดีของเขากับดีของเราอาจจะไม่เหมือนกันก็ได้ ดังนั้นการลอกวงจรของผู้อื่นเลยนั้น ก็ควรจะดูว่า วงจรดังกล่าวถูกออกแบบจากนักออกแบบที่มีผลงานเป็นที่น่าเชื่อถือ มีผู้อื่นนำไปทำตาม แล้วประสบความสำเร็จอย่างแพร่หลาย (โดยเฉพาะหากมีเพื่อนเราเป็นเหยื่อทำให้เราได้ฟังก่อน ฮา...) หรือทางที่ดีที่สุดคือ เราควรจะศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในการวิเคราะห์วงจร, รู้ถึงความเหมาะสมของ

อุปกรณ์และจุดทำงานของหลอด ทั้งหมด Driver และหลอด Power Output เพื่อที่จะได้นำวงจรต่างๆ นั้นมาเป็นแนวทาง แล้วเราก็ปรับปรุงเพิ่มเติมให้เป็นไปตามรสนิยมของเราอีกครั้งหนึ่ง เปรียบเสมือนการกินกล้วยเดี่ยว ที่เรามักเลือกกินจากร้านที่ได้รับเซลล์ชวนชิม มีผู้คนเข้าไปกินเยอะแยะ และสุดท้ายเราก็ปรุงแต่งใส่พริก ใส่น้ำตาลตามที่เรชอบ เราก็จะมีความสุขในการกินของอร่อย ชันใดก็ชันนั้น

ท้ายที่สุดนี้ ผมก็หวังว่าบทความความล้มเหลวนี้ จะได้เป็นข้อคิดให้กับเพื่อนๆ นักเล่น ได้นำไปประยุกต์ใช้กับ Project ที่ได้วางแผนไว้ และหลีกเลี่ยงจากความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้นทุกประการ ผมเองก็ยังคงต้องเดินหน้า Project นี้ต่อไป เพราะความล้มเรายังคงเห็นในสายตาอยู่

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในชุดเครื่องเสียง

ชุดเครื่องเสียง:

- Turntable: Garrard 301, Tonearm: SME3009 series II, Cartridge: Denon DL-103
- MC Phono Preamplifier: EF804S Tube DIY
- Pre Amplifier: PTT2s Tube DIY
- 12" Fullrange Speaker Leipzig Funkwerk L3060PB with Compression Horn Tweeter

..... alexdiy@gmail.com



แฝดคนละฝา

THE DISSIMILAR TWIN TRIODE

ผู้เขียน : ศรัณย์ สุขศิริวัฒน์

(saranyo@hotmail.com)

...๒ ปีก่อน...

ผมจะใช้เวลาส่วนใหญ่ นั่งอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เนื่องจากผมตัดสินใจเข้าสู่วงการ DIY แอมป์หลอด จึงนั่งค้นคว้าหาข้อมูลการออกแบบ การสร้างวงจร แต่ยังเป็นการเริ่มต้นที่หนทางดูมืดมนเหลือเกิน เนื่องจากผมไม่ได้มีความรู้เรื่องนี้เลย.. มีแต่ความชอบในเสียงดนตรีเท่านั้นเอง จนวันหนึ่ง ขณะที่ได้นั่งดูรูปงาน SOD จาก Mailing List ThaiAOTN¹ นั้นทำให้ได้พบว่า ผมมีเพื่อนเก่าร่วมรุ่นจากรั้วมหาวิทยาลัยเดียวกัน ซึ่งไม่เจอกันนาน เป็นนัก DIY ที่มีประสบการณ์สูงคนหนึ่ง ...เดาไม่ผิดครับ..."คุณอาร์ต" นั่นเอง ซึ่งต่อมาก็ถูกบังคับให้เป็นอาจารย์คนแรก ที่ผมจะขอคำแนะนำและสอนให้สามารถออกแบบแอมป์หลอดได้ด้วยตัวเอง..

บทความแรกในชีวิตของผมจึงขอล่าวถึง เขาก่อนเป็นอันดับแรก เพราะเกือบ 1 ปี หลังจากนั้น ผมก็ได้เข้าร่วมอบรมการออกแบบ การสร้าง แอมป์หลอด ที่มีพี่ๆ ผู้ใจดีในวงการจัดขึ้นกันเอง



หลอดที่ใช้ในโครงการนี้เป็นหลอดเก่าเก็บ
Made in Japan ครับ

โดยมีคุณอาร์ตเป็นผู้สอน... ซึ่งหลายๆ คนคงได้รับความรู้และคำแนะนำดีๆ มาแล้วเช่นกัน..

...๒ ตุลาคม ๒๕๕๘...

หลังจบการอบรมการออกแบบและสร้าง แอมป์หลอดเบื้องต้น นอกจากความรู้และมีมิตรภาพ ในหมู่นัก DIY ที่ได้รับมาแล้ว ยังมีแรงขับเคลื่อนที่อยาก จะออกแบบวงจรด้วยตัวเองเพื่อสร้างผลงานกับเขา

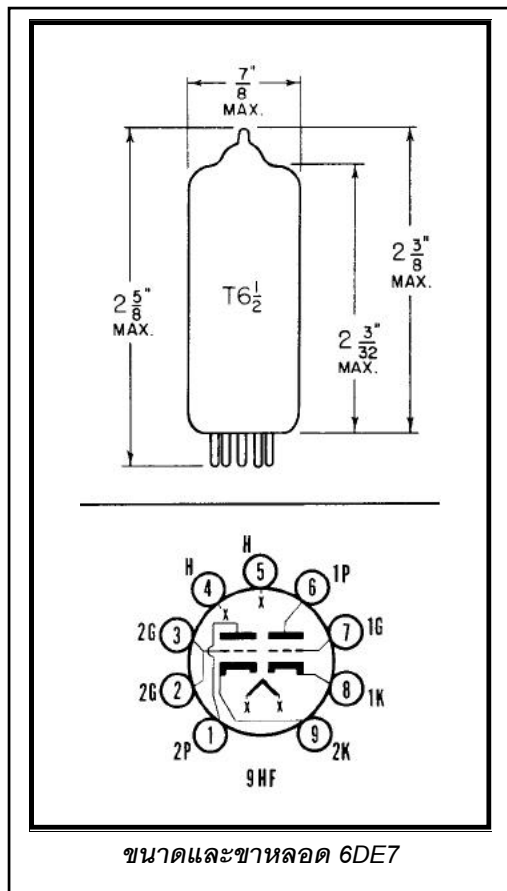
RATINGS² (Design Maximum Values—Except as Noted)

Vertical Deflection Oscillator and Amplifier³

	Triode No. 1 Oscillator	Triode No. 2 Amplifier	
DC Plate Voltage	330	275 Volts	Max.
Peak Positive Pulse Plate Voltage (Abs. Max.)	—	1500 Volts	
Peak Negative Pulse Grid Voltage	400	250 Volts	Max.
Plate Dissipation ⁴	1.5	7.0 Watts	Max.
Average Cathode Current	22	50 Ma	Max.
Peak Cathode Current	77	175 Ma	Max.
Grid Circuit Resistance Self Bias	2.2	2.2 Megohms	

ขีดจำกัดต่างๆที่หลอดจะรับได้

บ้าง ผมเอง นอกจากได้สามสิ่งข้างต้นแล้ว ผมยังได้รับแจกของมาฟรีๆ เพื่อนำมาทดลองด้วยครับ



ขนาดและขาหลอด 6DE7

...๖DE๗..หลอดแฝดคนละฝา...

6DE7 คือเบอร์หลอดที่ได้รับแจกมาจำนวน 2 หลอด เป็นหลอด 9 ขาขนาดเล็ก (Miniature Type) ที่มีโครงสร้างภายในคล้ายหลอด Twin Triode แต่อัตราขยายของ 2 Triodes ไม่เท่ากัน โดยมากก็จะเรียกว่า Dual Triode ครับ ครั้งแรกตาม Data บอกไว้ว่า สามารถนำมาใช้เป็น Vertical Deflection Oscillator ระดับ Medium MU ส่วนที่สองสามารถใช้เป็น Vertical Amplifier ระดับ Low MU จากข้อมูลดังกล่าว ผมขอเรียกมันว่าหลอด “แฝดคนละฝา” ละกัน และคิดว่าพี่น้องฝาแฝดเทียมคู่นี้ สามารถนำมาออกแบบเป็น Power Amp ได้ด้วย

ผมเลือกออกแบบเป็นวงจร Single Ended เพราะผมชอบเสียงมันครับ ประกอบกับได้ลำโพงที่มีความไวค่อนข้างสูง จึงไม่ค่อยพะวงกับกำลังของแอมป์สักเท่าไร



6DE7 ขณะใช้งานในวงจร



Close up ใกล้เคียง ด้านหลังเป็น ลำโพง Jensen SG-223 Sigma Series, 12" woofer with coaxial horn tweeter, in open-baffle

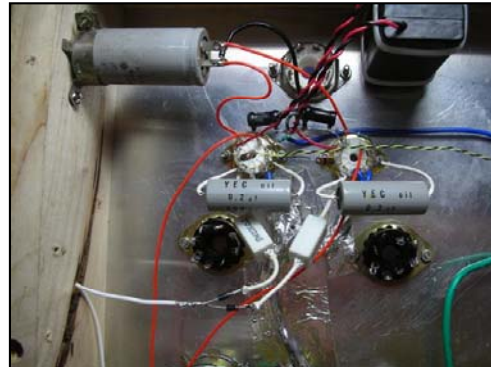
...Circuit Design ..

วงจรนี้เป็นวงจรแรกในชีวิต ที่ออกแบบด้วยตัวเองครับ การออกแบบในหน้ากระดาษนั้นเป็นเรื่องลำบากทีเดียว หากต้องเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ในวงจรบ่อยๆ เพราะการลาก Load line ในกราฟ จำเป็นต้องปรับค่าให้ได้ไม่เกินขีดจำกัดของหลอดที่จะรับได้ และให้ง่ายต่อการเลือกใช้ค่าของอุปกรณ์ที่เรามีอยู่ครับ จึงจะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยคำนวณ

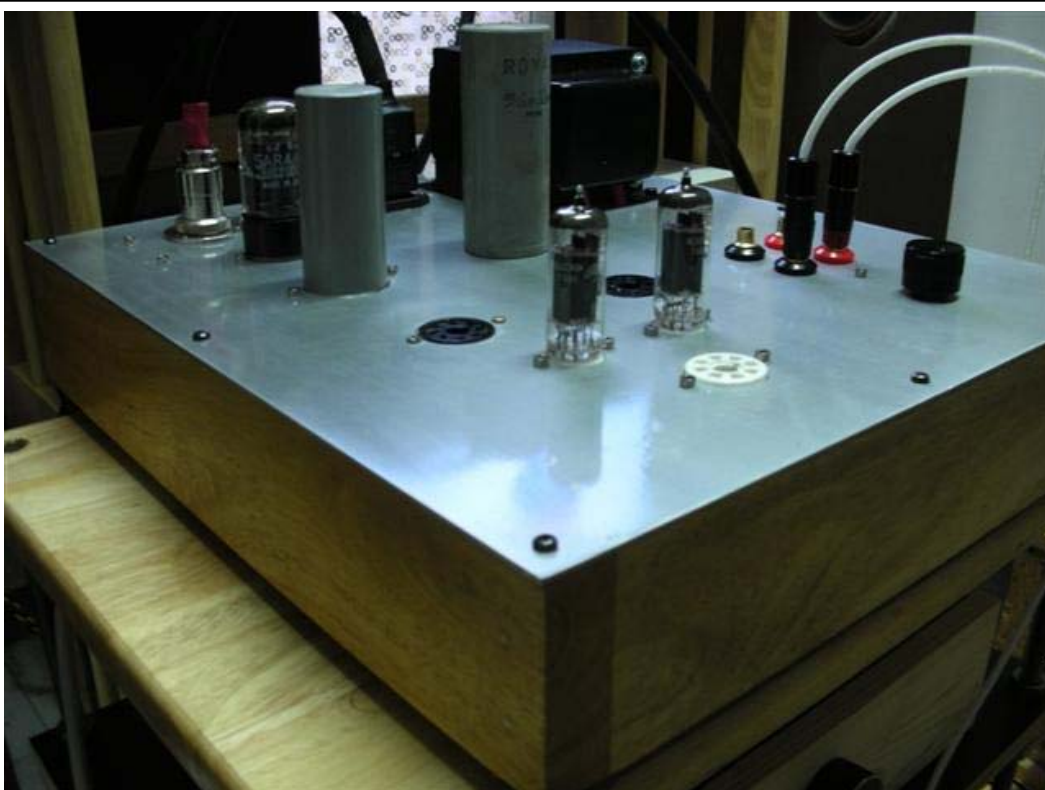
เพื่อให้ง่ายขึ้นไปอีก ผมได้เขียนโปรแกรมการออกแบบอย่างง่ายๆ โดยทำเป็น Work Sheet Excel ใส่สูตรต่างๆ ที่เกี่ยวกับวงจรเข้าไปเพื่อให้เครื่องคำนวณให้อัตโนมัติ ซึ่งทำให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ผมเพียงแค่ใส่ค่าที่ต้องการลงไป โปรแกรมก็จะคำนวณค่าอื่นๆ ในวงจรให้

จากรูปในส่วนของ Driver stage ผมเลือกให้วงจรรับข้อมูลใน Cell ที่มีสีแดง เริ่มจาก

กำหนด Load line ในกราฟ Plate Characteristics ของ Triode ส่วนที่ 1 จากรูปผมบังคับให้หลอด Run กระแสในจุดสงบที่ 10mA มีแรงดัน Plate เท่ากับ 120V ซึ่งจะได้แรงดันไฟ Plate swing ที่ 28V (Plate to Plate) ปรับ Bias ที่ Grid โดยใช้ Cathode Bias คำนวณจากกราฟได้แรงดันไฟเท่ากับ 2.0V หลังจากนั้นก็เข้าสู่วงจร Coupling ครับ



C-oil ที่ใช้ Coupling ผมชอบเสียงมันจริง ๆ ทำเอา C ชื่อดังจาก Denmark ต้องถูกถอดออกไป... !!! ...สงสัยเพราะเชื้อชาติเดียวกับหลอด..(JAPAN)



..ลงแท่นแล้วหลอดดูเล็กไปเลยครับ ..

จุดนี้ภายหลังผมก็ไม่ได้ใช้ค่าที่คำนวณได้ ผมมาจูนเสียงอีกครั้งแล้วก็ลงตัวที่ C-Oil ยี่ห้อ YEC ค่า $0.2\mu\text{F}/450\text{V}$ ที่หลายๆ คนก็เลือกใช้ คงเพราะชอบในเสียงนุ่มๆ ของมันครับ

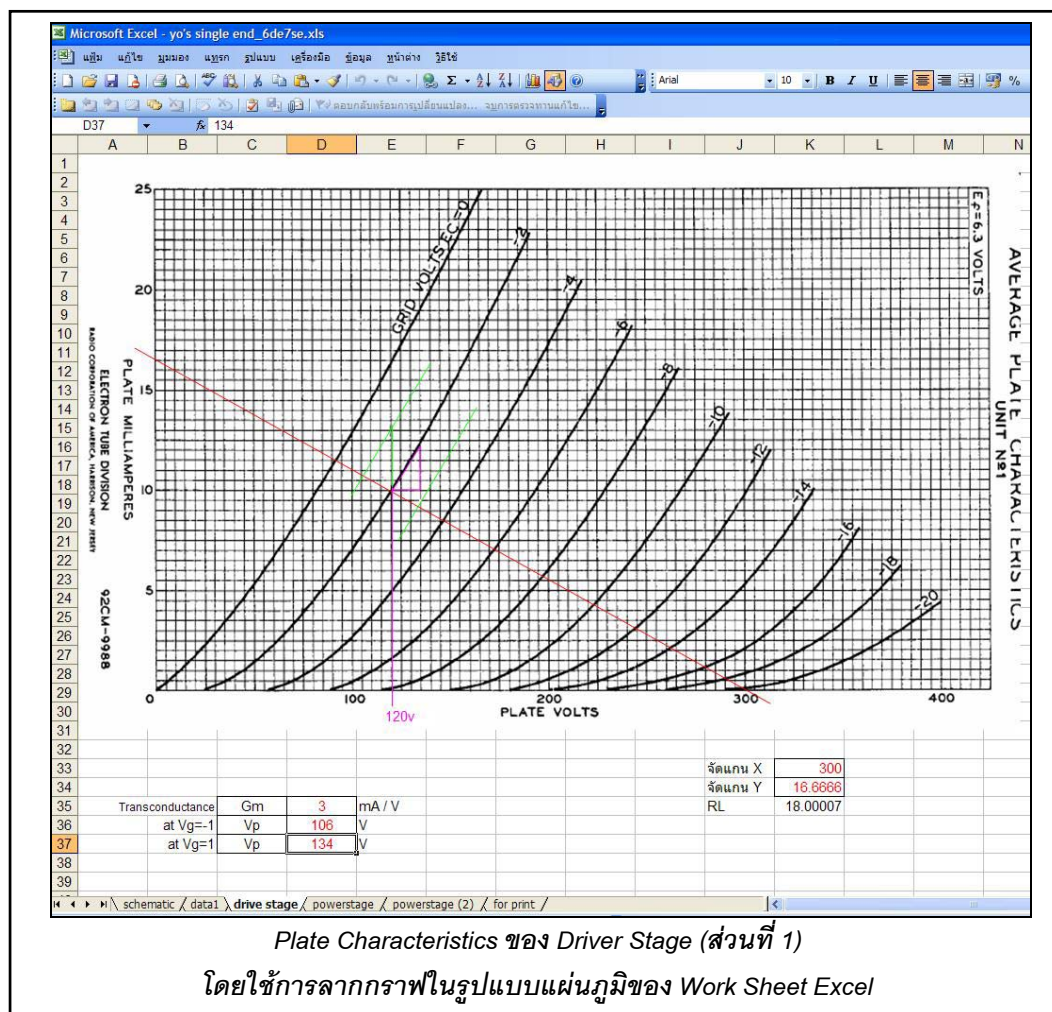
มาในส่วนของภาค Output Stage บ้างครับ ส่วนนี้ผมเลือกใช้ Output Transformer ขนาด 5k Primary Impedance ซึ่งจากกราฟ ผมกำหนดแรงดัน Plate ไว้ที่ 120V นอกจากนั้น สามารถหาค่าแรงดันสูงสุด, แรงดันต่ำสุด, กระแสสูงสุด, กระแสต่ำสุดได้ดังตารางครับ

สำหรับภาคจ่ายไฟผมได้ Download โปรแกรม PSU Designer II จาก Website www.duncanamps.com ครับ วงจรใช้หลอด 5AR4 เป็นหลอด Rectifier แล้วใช้วงจรแบบ C-Input ตามด้วย LC Filter 1 ชุดและวงจร RC Filter 2 ชุดต่อกัน เพื่อเอาไฟไปเลี้ยงภาค Driver Stage

และภาค Output Stage ตามลำดับ ซึ่งจุดนี้ตัว R จะต้องใช้ทนวัตต์สูงหน่อย เพราะลดไฟลงเยอะทำให้ร้อนได้ แนะนำให้สั่งหม้อแปลงแรงดันไฟต่ำลงหน่อยก็จะดีครับ เพราะงานนี้ไม่ต้องใช้ไฟสูงมาก

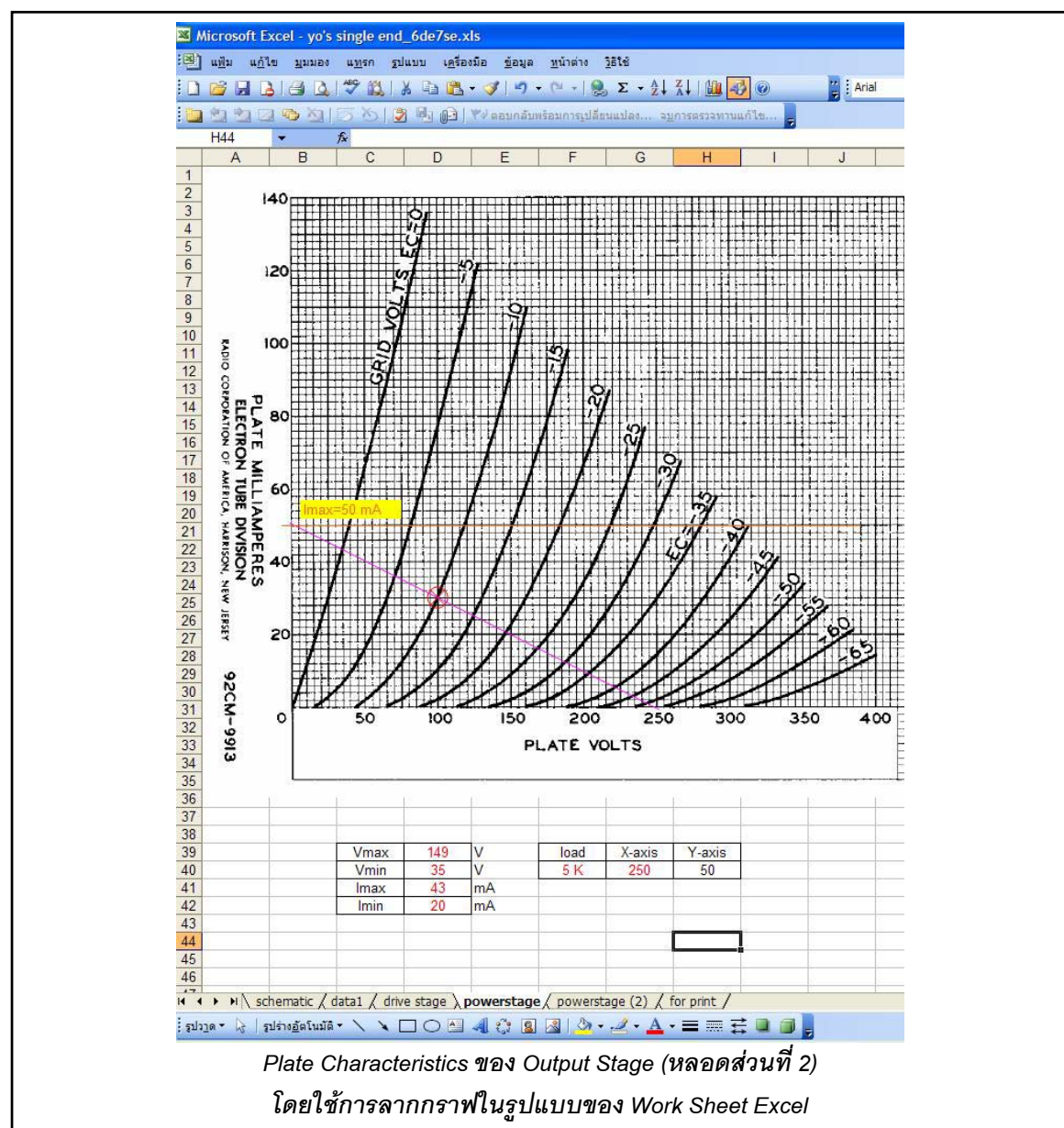
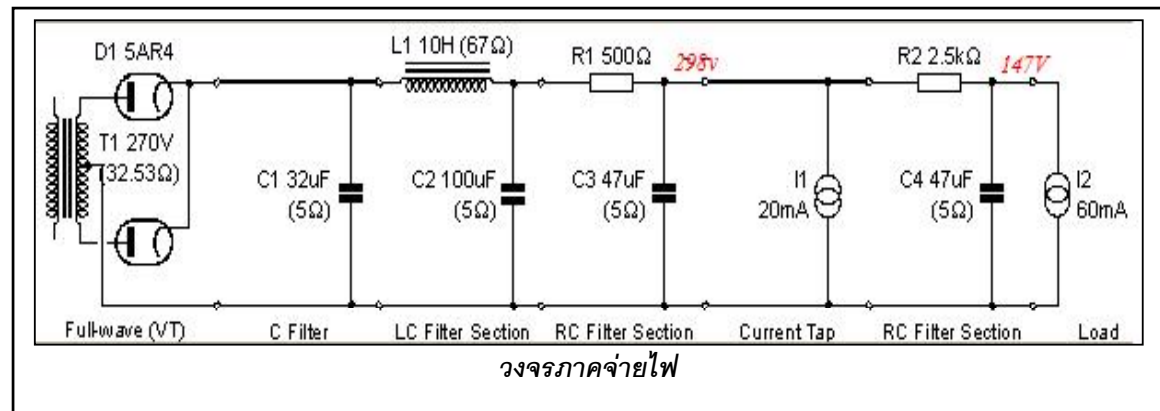
Vmax	149	V
Vmin	35	V
I _{max}	43	mA
I _{min}	20	mA

จากสูตรและค่าที่ได้ในตาราง คำนวณหาค่ากำลังและความเพี้ยน ได้ค่า $P_o = 0.66 \text{ Watt}$ ที่ความเพี้ยน = 6.52% THD ดูตัวเลขกำลังแล้วก็น่าตกใจไม่น้อย เพราะได้ไม่ถึง 1 วัตต์ แล้วจะขับลำโพงออกได้ยังไง??? ไม่ลองไม่รู้ครับ ผมจัดการต่อเข้ากับปริ๊อมป์ 6SN7 Direct Coupling และต่อออกลำโพง Jensen SG-223 Sigma Series², 12" Woofer with Coaxial Horn Tweeter, in



Open-baffle ความไวประมาณ 95dB/W/m ก็ฟัง

ได้ดังที่เดี๋ยวลครับ



$$Po = \left(\frac{V_{max} - V_{min}}{\sqrt{2}} \right) \times \left(\frac{I_{max} - I_{min}}{2\sqrt{2}} \right)$$

$$\%THD = \frac{\left(\frac{I_{max} + I_{min}}{2} \right) - I_{quiescent}}{(I_{max} - I_{min})} \times 100$$

สูตรที่ผมใช้คำนวณ

...Look In Side..

สำหรับการเดินสายภายใน ก็ใช้การฮาร์ดไวร์ธรรมดาครับ พวกไฟจุดใส่หลอดก็ใช้เทคนิคการไขว้สาย และปิดทับด้วยเทปอลูมิเนียมกับแท่นให้เรียบร้อย ซึ่งก็ช่วยได้ดีครับ แม้ลำโพงจะไวมากแต่ก็ไม่มีอาการฮัมให้ได้ยินแม้แต่บ่อย ภายในจะเห็นลิ่งถ่านอยู่ด้วย เนื่องจากผมทดลองใช้การ Fixed

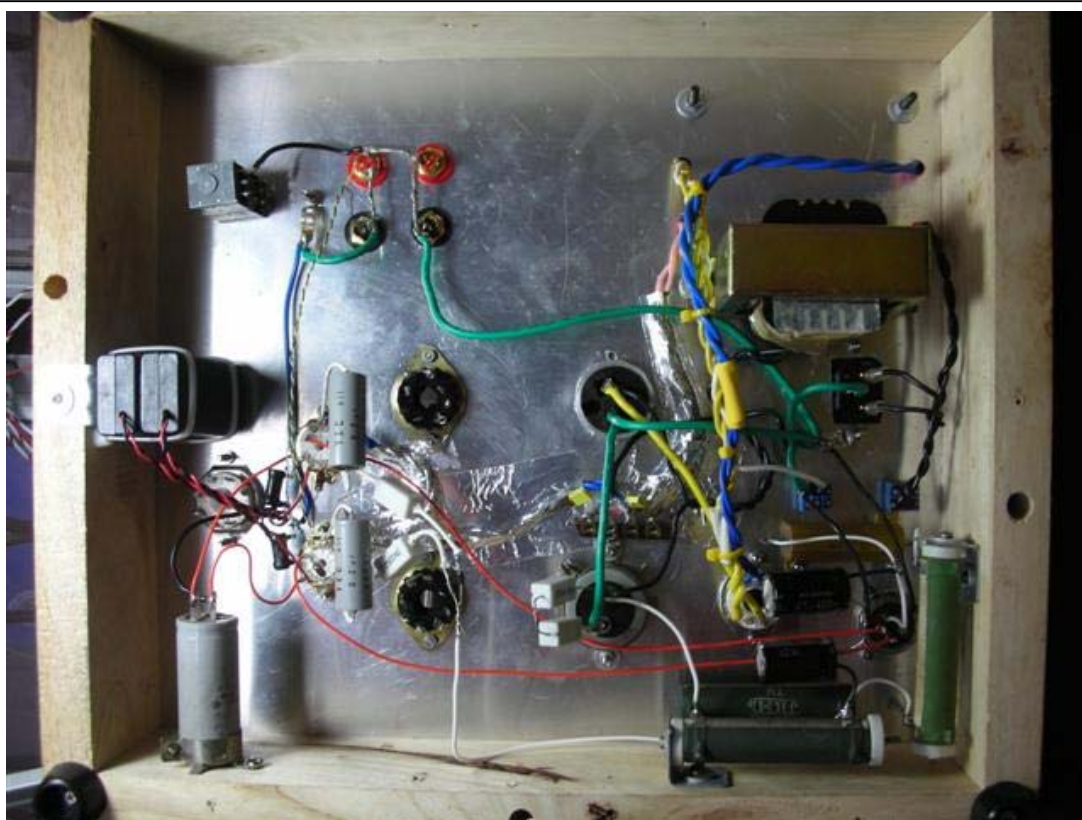
Bias โดยใช้ Battery 2 ก้อนครับ 2.4V แต่วัดจริงๆ ก็ได้ประมาณ 2.53V ซึ่งก็เป็นผลที่เกิดจากค่า Internal Resistance ของ Battery นั้นเองครับ ผลที่ได้ก็ดีกว่าเดิมครับ เสียงสูงขึ้น เบสชัดขึ้น

...On The Test..

ผมทดลองฟังเสียง โดยใช้แผ่นเพลงร้องเป็นหลักครับเนื่องจากเป็นแนวที่ชอบ ส่วนใหญ่จะออกแนว Acoustic, Folk, Jazz เน้นจังหวะช้าๆ

ด้วยกำลังวัตต์เพียง 0.66 วัตต์นั้น ทำให้ผมหวนใจอยู่ไม่น้อยในเวลาที่ทำ กลัวจะเสียเวลาไปเปล่าๆ หากทำแล้วไม่ดี ขัปลำโพงไม่ออก

ผลที่ได้ดีเกินคาดครับ ผมว่ามันเด่นที่รายละเอียดครับ เสียงหวานมากและนุ่มพอดี มิติด้านลิ้งมันชัดเจนดี บางทีผมย้อนนึกถึงแอมป์กำลังขับ



ภายในครับ..จะเห็นว่าได้มีการใช้ Battery Bias ภาคแรกซึ่งฟังแล้วดีกว่า ส่วนภาค Power ทดลองใช้ Battery Bias แล้วเสียงตู้ Cathode Bias ไม่ได้ ผมคาดว่าน่าจะได้อิทธิพลจาก Cathode Capacitor ที่ช่วยได้มาก (ซึ่งตรงนี้ไม่แน่นอนนะครับ C บางชนิดอาจทำให้เสียงแย่กว่ากรณี Battery Bias ได้)

มากๆ ที่เวทีเสียงกว้าง หน้าที่จบจบบังราย
ละเอียดของเสียงเครื่องดนตรีที่คุ้นเคย อาจกล่าว
ได้ว่าเสียงมีความเป็นดนตรีมากทีเดียว จังหวะดี
ครับ ไม่ยืดยาดืดอาด แต่ก็ไม่เร่งเกินไป หากแต่มี
ความนุ่มอยู่ไม่น้อยทีเดียวครับ แผ่นเพลงอัลบั้ม
Blue Lights ของค่าย TIS เป็นเพลงเสียงผู้ชายที่
ฟังกับแอมป์ตัวนี้แล้ว หวานจนเคลิ้มได้เลยเลยครับ
ผมเกิดอาการหลงเสียงชายชะงัดขึ้น ยิ่งอัลบั้ม



Inger Marie Gundersen : Make this
moment



TIS : Blue lights



TIS : Blue Lights Forever



Emi Fujita : Camomile Blend



Fonta : The Sunshine NewAge Queen

Make This Moment ของ Inger Marie
Gundersen ยิ่งหวานหวานเลยไปใหญ่เลยครับ
เสียงเครื่องเคาะจังหวะแปลกหูจากเดิม เหมือนมี
คนมาร้องเพลง และเคาะจังหวะเล่นดนตรีให้ฟังใน
ห้อง ขออนุญาตเอาแผ่นทดสอบ ซึ่งก็คือแผ่นโปรด
มาอดชะงัดเลยนะครับ

ข้อดีอ่ะ...มีครับ เบสอาจไม่มันส์เท่า
แอมป์ตัวดีสูง แต่ผมว่าเสียงเบสสมจริงดีนะครับ ไม่
Over ไม่หนาเกินไป เวทีเสียงไม่ค่อยกว้างมากนัก
เหมาะกับการฟังเคลิ้มๆ กับเพลงช้าๆ เครื่องดนตรี
น้อยๆ ขึ้น ในห้องนอน.. กล่อมให้หลับฝันดี..

ข้อสรุปของ 6DE7 Single End ตัวนี้ผม
กล่าวได้ว่าเป็นแอมป์ที่ทำให้หลงเสียงหวานๆ แบบ
ไม่เลี่ยนมากได้เลยครับ แม้ได้ฟังเพียงครั้งแรกก็
ตามหากชอบเหมือนผม ก็ลอง
นำมาฟังดูครับ

หมายเหตุ:

“หวังว่าบทความนี้จะให้ประโยชน์บ้าง ดังที่
ผมได้เรียนรู้มาจากบทความอื่นๆ ใน DIY
Journal Yearbook ปีที่ผ่านมา มา หากมีข้อ
เสนอแนะประการใด ยินดีน้อมรับคำแนะนำ
ครับ”.....saranyo

1. ThaiAOTN เป็น Mailling List หรือ Mail
Group ของนักเล่นเครื่องเสียงและนัก DIY
กลุ่มหนึ่ง สามารถสมัครสมาชิกได้ที่
<http://groups.yahoo.com/group/thaiAOTN>
2. Jensen SG-223 Sigma Series เป็นลำโพง 2
ทาง แบบ Coaxial Woofer 12"

BALANCE MODE NON-OVERSAMPLING DAC

ผู้เขียน : มนต์สรรค์ ไสธวิทย์

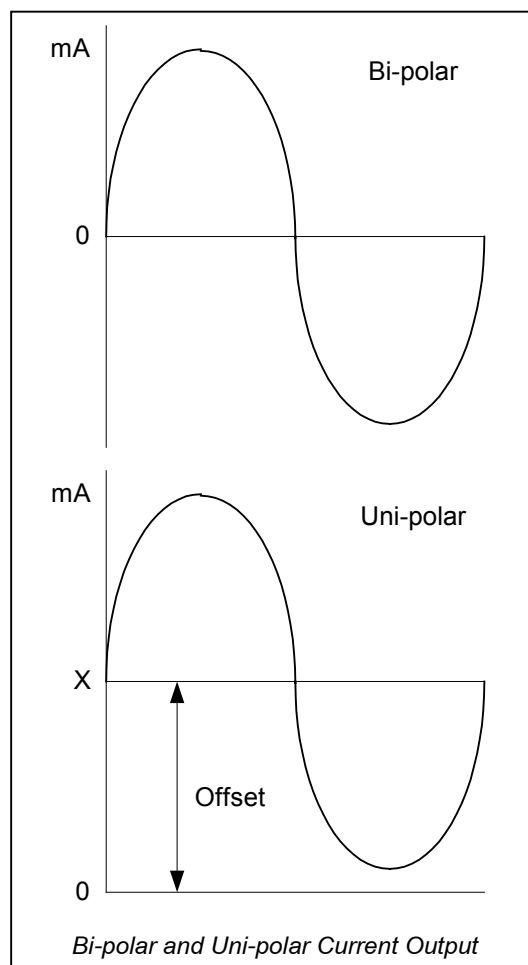
ว่าจะไม่แล้วเขียน แต่ในที่สุดก็ต้องมาเขียนเรื่อง Non-OS DAC อีกเป็นรอบที่ 4 หวังว่า จะยังไม่เบื่อกันนะครับ

อย่างที่เห็นในหัวเรื่องแล้ว ว่าผมจะเอา Non-OS DAC แบบ Balance มานำเสนอ ก็ขอเล่าถึงที่มาและแนวคิดของโครงการก่อนละกันครับ

สำหรับผู้ที่ได้อ่าน YB2002-2004 มาโดยตลอด ก็จะเห็นว่าผมจะออกแบบ Analog Output Stage โดยใช้ Step-up Transformer ก่อนเข้าวงจรหลอดเสมอ Step-up Transformer ที่ผมใช้ก็เป็นพวก Microphone Transformer ซึ่งโดยมากแล้วมันไม่ได้ถูกออกแบบมาให้รองรับกระแสไฟตรงไหลผ่านขดลวด Primary ซึ่งจะทำให้แกนหม้อแปลงเกิดการอิ่มตัวทางแม่เหล็กและอาจจะส่งผลกับการตอบสนองความถี่ของหม้อแปลงได้ ในขณะที่ DAC Chip ที่เราใช้ๆ กันอยู่ในกลุ่ม Current Output ยังสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะวงจร Output ของ DAC คือ

1. แบบ Bi-polar ที่ Digital Silence จะไม่มี Output ออกมาเลย สัญญาณที่ออกมาจะ Swing อยู่บนเส้น 0 mA ตัวอย่างของ Chip ที่ให้ Current Output ลักษณะนี้คือ AD1865, PCM56 เป็นต้น
2. แบบ Uni-polar ที่ Digital Silence จะมี Output ออกมาปริมาณหนึ่ง (มากกว่าค่า Max Swing ของ DAC) ซึ่งเราจะเรียกว่า Offset สัญญาณที่ออกมาจะ Swing อยู่บนเส้น Offset เส้นนี้ ตัวอย่างของ Chip ที่ให้ Current Output ลักษณะนี้คือ TDA1541A, TDA1543 เป็นต้น ผมเชื่อว่าหลายๆ คนที่เคยต่อ Output จาก

DAC Chip 2 เบอร์นี้เข้า Grid ของหลอดโดยตรง คงเคยเจอมาแล้วว่า ที่ Grid มีแรงดันค่าน้อยๆ อยู่ ซึ่งอาจจะทำให้ Bias ของหลอดที่เราตั้งไว้เพี้ยนไปได้



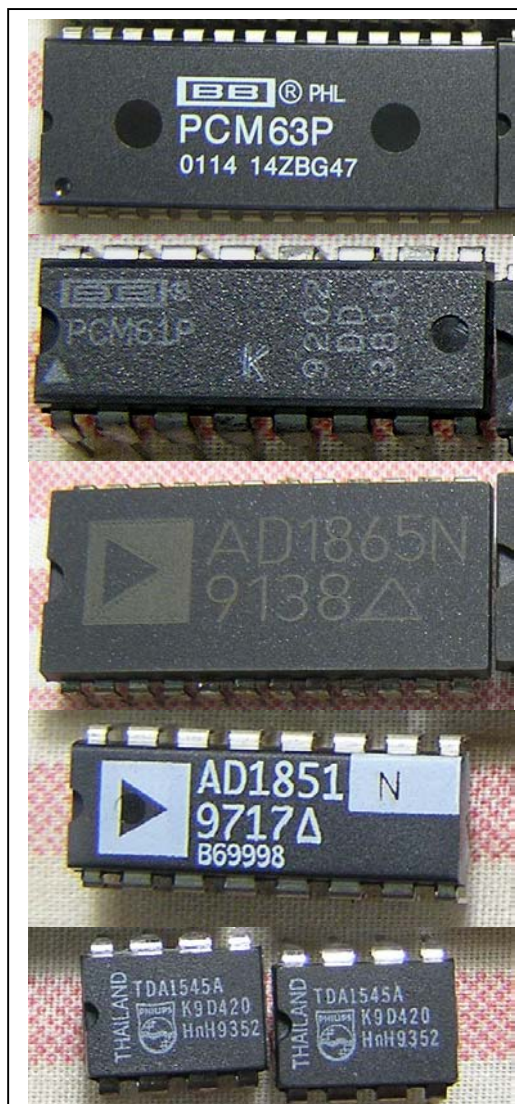
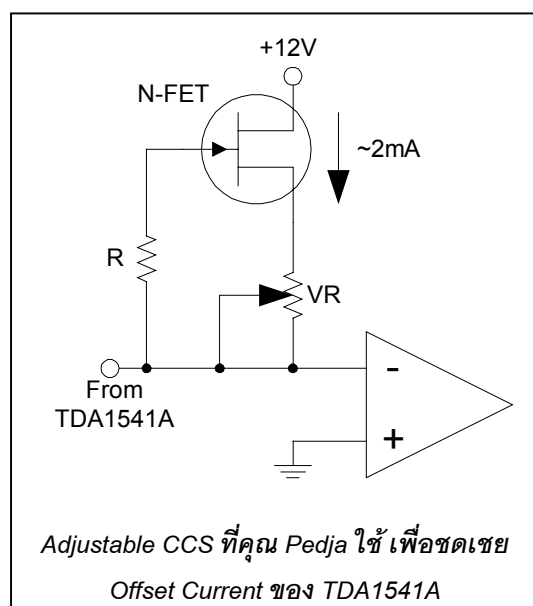
และนั่นเป็นปัญหาของผม ในการต่อ TDA1541A เข้ากับ Step-up Transformer เพราะปริมาณกระแส Offset จาก TDA1541A (~2.0mA) มากพอที่จะทำให้แกนหม้อแปลงบางลูกอิ่มตัว ผมเริ่มสังเกตเห็นปัญหานี้จากการทดลองเทียบ DAC TDA1543 กับ AD1851 กับหม้อแปลง Step-up ของ Beyer Dynamic อันที่จริงผมจะไปเล่นพวก DAC Bi-polar ซะก็ได้ ผมมี PCM61, PCM63 และ

AD1865 รอให้ใช้งานอยู่แล้ว แต่ถ้าทำอย่างนั้นก็คง
ผิดวิสัยผมไปซะหน่อย บางครั้งการวิ่งเข้าหาปัญหา
ก็เป็นความสนุกในงาน DIY เหมือนกัน



Beyer Dynamic 1 : 15 Step-up Transformer

คุณ “Pedja” เคยเสนอวิธีแก้ปัญหานี้ไว้
แล้วใน www.diyaudio.com (Forum Digital) โดย
ทำวงจร Adjustable Constant Current Source
(CCS) จ่ายกระแสเข้าไปหักล้างกับที่ DAC Chip
ปล่อยออกมา กรณี TDA1541A ก็ประมาณ 2mA
ซึ่งเป็น Idea ที่ฉลาดมากๆ เพียงแต่ใช้ได้กับกรณีที่
I/V Converter เป็นวงจร FET-Input Op-amp เท่านั้น
นั่น ถ้าเป็น Resistor I/V Converter กระแสจะไหล
ผ่าน R และปัญหา ก็จะยังคงอยู่ ผมคิดวิธีแก้ ออก
อยู่วิธีเดียวสไตร์หลุดๆ คือต้องทำ Balance DAC
ให้กระแส Offset จาก IC หักล้างกันใน Primary



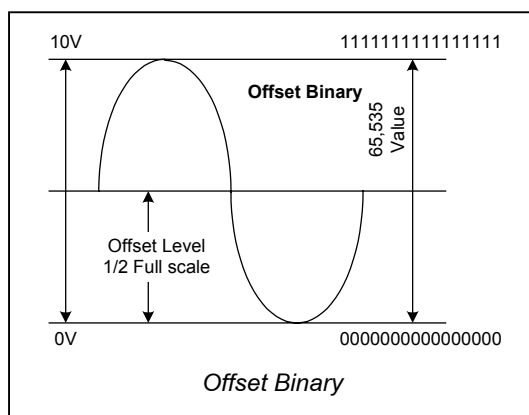
มี DAC Multi-Bit อีกตั้งมากมายให้เล่น
นอกจาก TDA1541A และ TDA1543

เหมือนที่เกิดในวงจร Push pull Amp ใจครับ

การสร้างข้อมูลเพื่อให้ DAC ถอดรหัสได้
สัญญาณ Analog Phase – นั้นทำได้ง่ายๆ ด้วย
การกลับค่า Logic (Invert Logic) ของข้อมูล
Digital Audio แต่อันที่จริงแล้วมันสร้างปัญหาขึ้น
มาอย่างหนึ่ง ตอนนี้ผมขอเล่าพื้นฐานของข้อมูล
เหล่านี้ก่อน เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาที่กำลังจะเล่าให้
ฟังต่อไปนะครับ

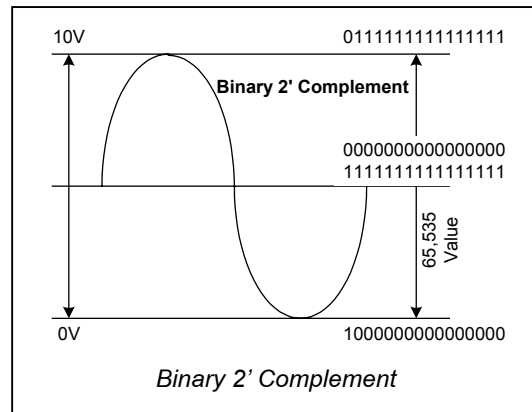
ข้อมูล Serial 16 Bit ที่ส่งผ่านไปให้ DAC
มีอยู่ 2 แบบหลักๆ คือ Offset Binary กับ Binary 2'
Complement เามารู้จักกับพวกมันก่อนนะครับ

Offset Binary เป็นการกำหนดค่าครึ่งหนึ่งใน Digital Scale ให้เท่ากับค่ากลางใน Analog Scale ซึ่งเราเรียกว่า Offset แล้วให้ค่า Digital อื่นๆ กระจายไปทางด้าน +/- ของ Analog Scale อย่างสม่ำเสมอ หรือจะบอกว่าเป็นการนำเอา Scale ทาง Digital ตามจำนวน Bit ที่ต้องการเข้าไป Map กับขนาดสัญญาณ Analog ตาม Linear Scale เลยก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น สัญญาณ Analog มีค่า 0-10V (peak to peak) ก็จะตั้งค่าทาง Digital ให้ 0V = 0000....0000 (16 Bit) และที่สัญญาณ 10V = 1111....1111 (16 Bit) ส่วนค่าทาง Digital ที่เหลืออีก 65,534 ค่า ก็จะกระจายอย่างสม่ำเสมอบน Scale 0-10V ดูรูปกับตารางประกอบจะช่วยให้เข้าใจได้ดีขึ้นครับ



ส่วน Binary 2' Complement นั้น จะตั้งค่า 0 ทาง Digital ไว้เท่ากับค่า 0 ของสัญญาณ Analog สมมุตินำสัญญาณ 0-10V ตามตัวอย่างเดิมมาแปลงค่าตามแบบ Binary 2' Complement ก็จะได้ว่า 5V = 0000....0000, เพิ่มค่าตาม Linear Scale ไปเรื่อยๆ จนถึง 10V = 0111....1111 (32,767 ค่า) และจาก 0V = 1000....0000 เพิ่มค่าไปเรื่อยๆ จนถึงค่า 5V – LSB (Least Significant Bit) = 1111....1111 (32,766 ค่า)

ปัญหาก็คือเลขฐาน 2 ไม่มีค่ากลางครับ ไม่เชื่อก็ลองคิดดูสิครับ ไม่ว่าจะใช้ความละเอียดกี่ Bit ก็ตาม เมื่อแปลงค่ากลับมาเป็นเลขฐาน 10 ก็จะไม่



ได้จำนวนค่าเป็นเลขคู่ทั้งหมด (แหงล่ะ!! ก็เลขฐาน 2 นี่ครับ) แต่สัญญาณ Analog ของเราจะมีค่ากลางอยู่ด้วยเสมอ คือ 2 ฝั่งต้องแบ่งได้เท่าๆ กัน และมีค่ากลางอยู่ค่าหนึ่ง ที่ไม่นับว่าอยู่ฝั่งไหนเลย เพื่อให้เห็นภาพ สมมุติข้อมูล 4 Bit ละกันครับ

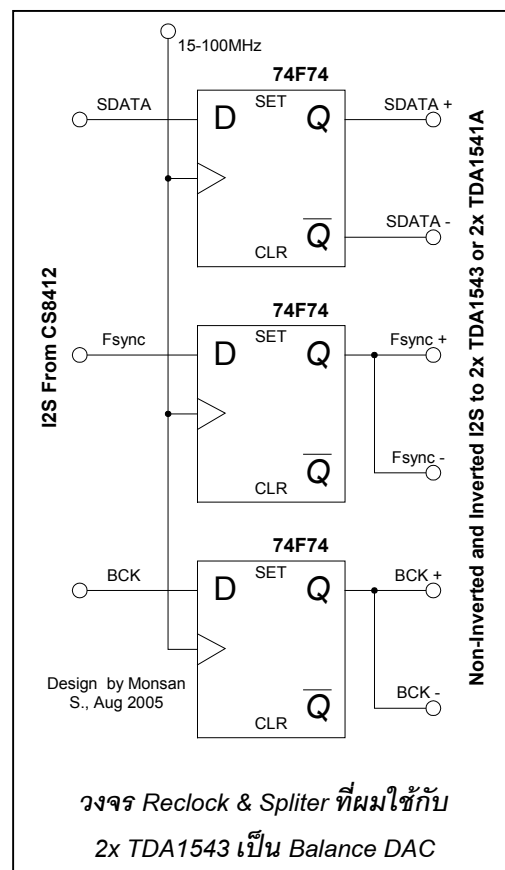
เลขฐาน 2	เทียบสัญญาณ Analog	
	Offset Binary	Binary 2' Complement
1111	+8	-0
1110	+7	-1
1101	+6	-2
1100	+5	-3
1011	+4	-4
1010	+3	-5
1001	+2	-6
1000	+1	-7
0111	0	+7
0110	-1	+6
0101	-2	+5
0100	-3	+4
0011	-4	+3
0010	-5	+2
0001	-6	+1
0000	-7	+0

จะเห็นว่าพิการทั้งคู่คือทั้ง Offset Binary และ Binary 2' Complement จะมีค่าด้าน + หรือ – มากกว่าอีกด้านหนึ่งอยู่ 1 ค่าเสมอ ที่นั่นเมื่อกลับ

Logic เพื่อทำเป็น Differential DAC แล้ว ถ้าสมมุติว่า DAC ทั้ง 2 เหมือนกันทุกประการ สัญญาณทั้ง 2 เฟสก็จะต่างกันอยู่ 1 LSB เสมอ เล้ามาถึงตรงนี้แล้ว คงนึกว่าผมคงมีวิธีแก้แน่ๆ แต่อันที่จริงแล้วไม่มีครับ (แป่ว...) ก็ไม่รู้จะแก้ยังไงเหมือนกันครับ เพราะเป็นข้อจำกัดทางคณิตศาสตร์ เพราะฉะนั้นการทำ Differential DAC ก็จะทำให้เกิด Output Error 0.5 LSB ขึ้นในทุกๆ Sampling ครับ ซึ่งยังถือว่าพอดีกับ Specification ที่ Philips กำหนดไว้ ผมศึกษามาถึงตรงจุดนี้ก็ยังงงๆ ว่า แล้วทำไม Differential DAC จึงมักจะมั่วทั้งมูลค่าและคุณค่าสูงกว่าในตลาดเครื่องเสียง ทั้งที่มีจุดด้อยกว่า Unbalance DAC อย่างเห็นได้ชัดเจนเช่นนี้ (กล่าวถึงแต่เฉพาะเครื่องที่ใช้การถอดรหัสแบบ Multi-Bit นะครับ เช่น Accuphase DP-81, Mark Levinson No. 30) อาจจะเป็นกลวิธีทางการตลาดก็เป็นได้ แต่ในทางเทคนิคนั้น พอจะเห็นข้อเสียชัดเจนอยู่ในลักษณะนี้ครับ อย่างไรก็ตาม Dynamic Range ของ CD ตามทฤษฎีแล้วก็กว้างถึง 96dB เสียไป 0.5LSB ก็ยังเหลืออีก 93dB ซึ่งก็ดูไม่ต่างกันมากนัก แต่แลกมาด้วย Noise Cancellation จาก Balance Output และเป็นไปตามจุดประสงค์ของผมคือ No DC ใน Primary สำหรับผมแล้วถือว่าเข้าเป้าครับ

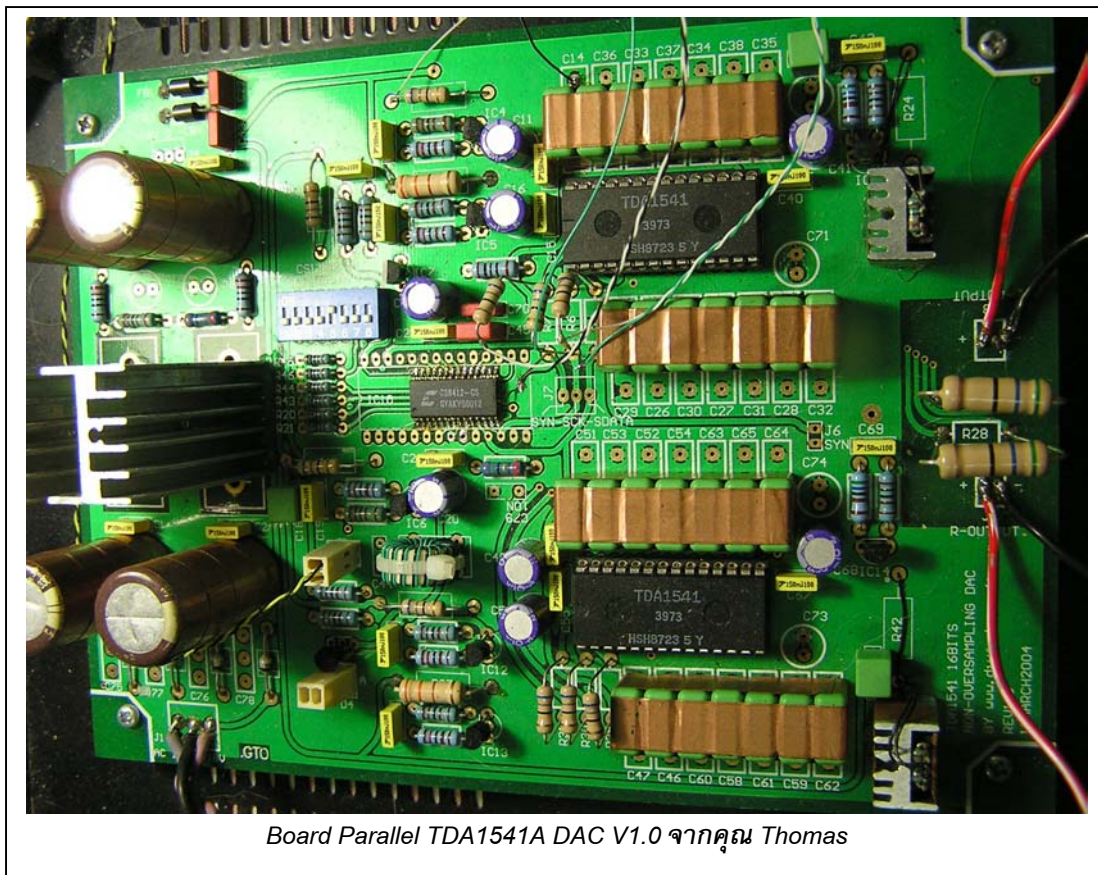
อันที่จริงแล้วผมยังมีแนวคิดที่จะนำเสนอต่ออีกครับ แต่ถึงตรงนี้แล้วก็คงต้องทำมาลองฟังซักเครื่องนึ่งก่อน Chip ตัวแรกที่ผมนำมาเล่นเป็น TDA1543 ครับ เพราะง่ายทั้งวงจรและภาคจ่ายไฟและอาศัย 74F74 ที่มี Output ทั้ง Inverting และ Non-Inverting มาให้ ก็เพียงแค่ Reclock SDATA ก็จะได้ Data แบบ Inverted และ Non-Inverted สำหรับป้อนเข้า DAC 2 ตัวแล้ว ผลที่ได้ไม่น่าประทับใจเลยครับ รายละเอียดเสียงแยกว่าแบบ Unbalance อีก ลองวัดแรงดันที่ขา 6-7-8 ของ TDA1543 ดูทีละตัวก็เข้าใจว่ามันไม่ Balance กันครับ เพราะว่าสัญญาณเฟส + และ - จาก IC 2 ตัว

ไม่เท่ากันพอดี ซึ่งน่าจะเกิดจากความไม่เท่ากันของแหล่งจ่ายกระแสคงที่เพื่อใช้เป็น Reference ให้ Output ของ TDA1543 (ขา 7) ที่แยกว่านั้นคือ TDA1543 ที่ผมมี 12 ตัว ไม่มีตัวไหนที่เท่ากันเป๊ะเลย ก็เลยต้องออกแบบ Glue Logic ใหม่ เพื่อแยกสัญญาณ Digital +/- ของข้างเดียวกันมาเข้า TDA1543 ตัวเดียวกัน ซึ่งวงจรจะยุ่งยากมากขึ้นชื่อ TDA1543 มาคัดชัก 2-3 โหลอาจจะง่ายกว่าอย่างไรก็ตามเราก็อธิบายได้แล้วว่า วงจร Glue Logic ลักษณะนี้ใช้งานได้ แต่ต้องใช้กับ Chip ที่มีความเหมือนกันมากกว่านี้ คิดว่า TDA1541A หรือ AD1865 น่าจะใช้ได้ หรือไม่ก็ใช้พวก Mono Chip อย่าง PCM63, AD1851 ไปซะเลย



**วงจร Reclock & Splitter ที่ผมใช้กับ
2x TDA1543 เป็น Balance DAC**

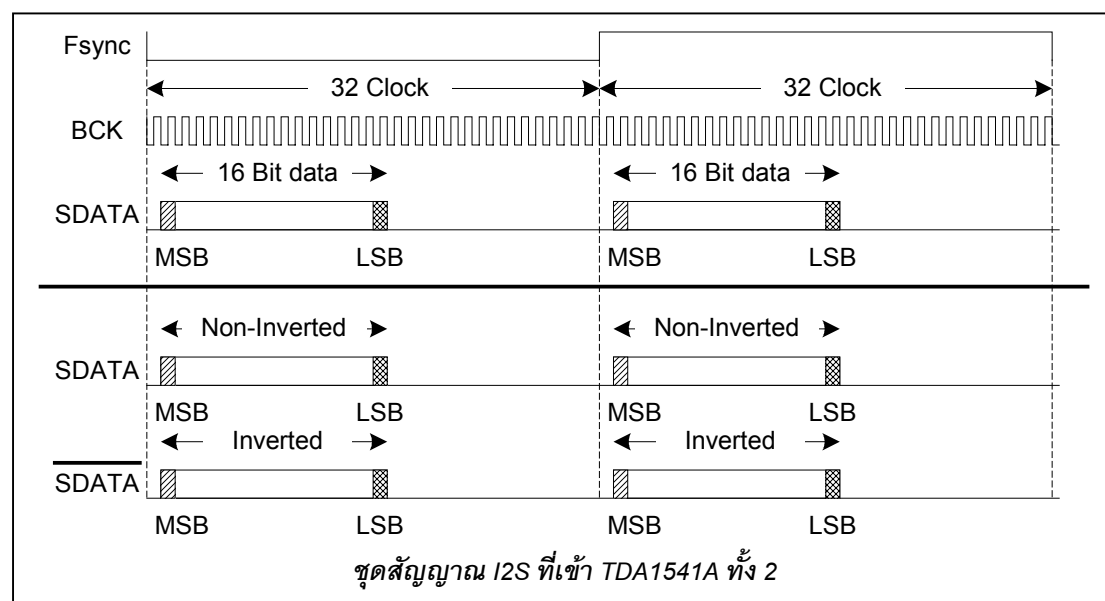
ช่วงต้นปีก่อน ผมได้รับ PCB TDA1541A Parallel DAC มาแผ่นหนึ่งจากคุณ "Thomas" ที่ Hongkong (www.diyaudiocraft.com) ซึ่งบน Board มีจุดเชื่อมต่อสัญญาณ Output I2S จาก CS8412 และก่อนเข้า TDA1541A ทั้ง 2 ตัวก็มี R

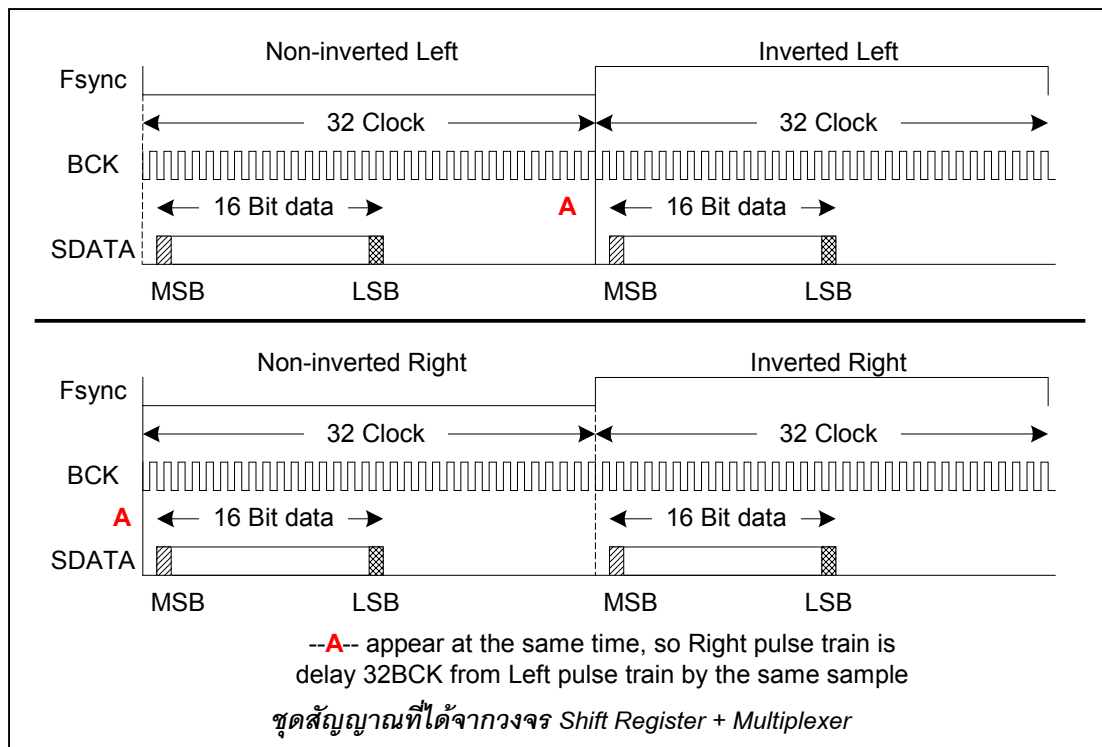


ค้นไว้ เท่ากับผมสามารถแยกวงจร DAC กับ Digital Receiver ออกจากกันและยัดวงจร Reclock แทรกเข้าไปได้ไม่ยาก ผมก็จัดแจงเอา PCB มาประกอบและผ่าตัดไปด้วยพร้อมๆ กัน ก็ได้ เป็น Balance DAC ออกมาตามรูป ตัววงจรส่วน Digital Receiver และ DAC ให้เปิดดูใน YB2002 หรือ YB2004 ได้เลยครับ เพราะเป็นวงจรเดียวกัน

คุณ Thomas นำไปปรับค่าอุปกรณ์บางตัวเท่านั้น แต่โครงสร้างเหมือนกันทั้งหมด ผมจะเขียนเฉพาะ ส่วนวงจรที่เชื่อมต่อระหว่าง Digital Receiver และ DAC นะครับ

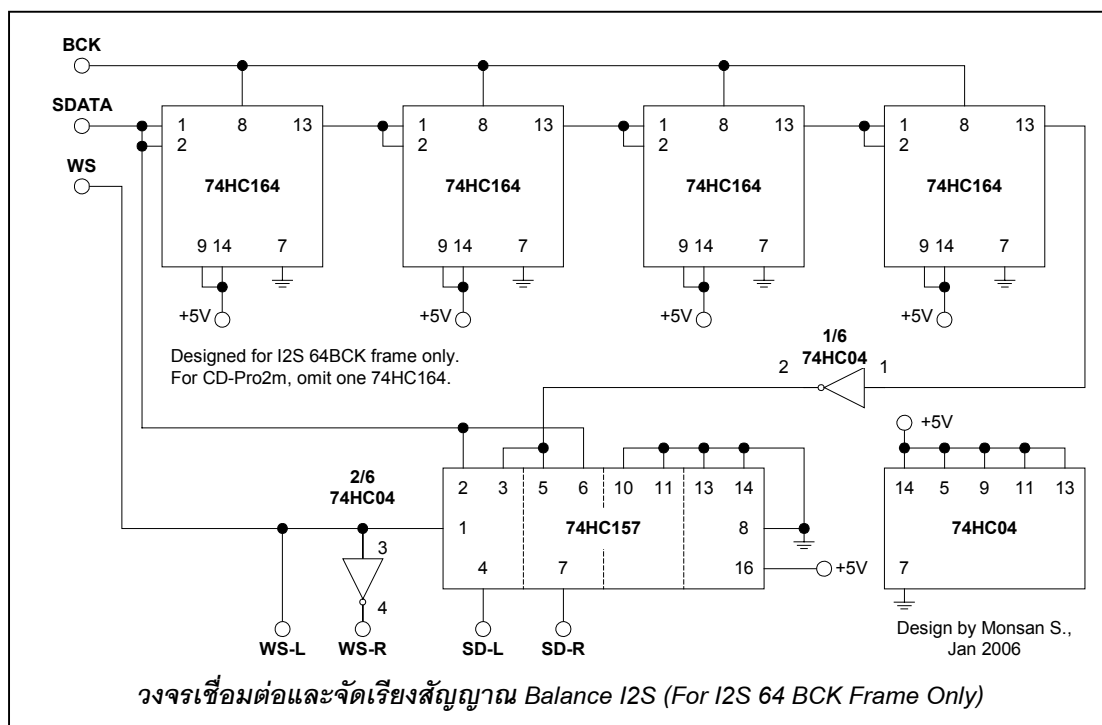
ทีนี้เรามาลองวินิจฉัยปัญหาดูบ้าง การใช้ TDA1541A ตามวิธีข้างต้น เป็นแค่การลดผลของ ปัญหาเท่านั้น แต่ไม่ได้แก้ปัญหา เนื่องจากอย่างไร





ชะ TDA1541A 2 ตัว ก็ยังมีความแตกต่างกันอยู่นั้นแหละ ถ้าเป็น R-2R DAC อย่างของ Burr-Brown หรือ Analog Devices เรื่องก็คงจะง่ายขึ้นเนื่องจากเราสามารถปรับน้ำหนักของ MSB (Most Significant Bit) เพื่อให้ DAC +/- Balance กัน 100% ได้ แต่สำหรับ TDA1541A ไม่สามารถปรับค่าแบบนั้นได้ และสัญญาณที่ควรที่จะ Balance กันทั้ง Phase +/- อาจะยังมีความแตกต่างกันอยู่เนื่องจากความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ ของ Chip อีกประการหนึ่งทั้ง TDA1541A และ TDA1543 ใช้แหล่งจ่ายไฟร่วมกันทั้ง 2 Channel และวงจร Output เป็น Current Sink Mode ถ้าให้ Chip ตัวเดียวกัน ทำงานทั้งสัญญาณ L และ R ต่อให้ Decoupling แหล่งจ่ายไฟไว้ดีแค่ไหน ก็ต้องเกิด Modulation ระหว่างสัญญาณ L และ R บ้างแน่นอน (Cross Talk) ซึ่งอาจจะเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ Balance TDA1543 ชุดแรกที่ผมทำ ให้รายละเอียดเสียงไม่ดี นอกจากเรื่อง Reference ที่เล่าให้ฟังไปแล้ว ทางแก้ปัญหาคือทำยังไงให้ DAC Chip 1 ตัว ได้รับสัญญาณทั้ง Phase +/- ของ

สัญญาณเดียวกัน ก็ต้องทำการสลับสัญญาณ SDATA ของ DAC 2 ตัวกันละ เราจะพูดถึงสัญญาณ Left กันก่อน ซึ่งทำได้โดยการ Delay สัญญาณ L- ออกไป 32BCK แล้วใช้สัญญาณ Fsync กระตุ้นการทำงานของ Digital Switch หรือ Multiplexer เพื่อเอาสัญญาณ Phase L+ / L- มาต่อกันสำหรับใช้กับ DAC Chip ข้างซ้าย ส่วนสัญญาณ Right ทำได้โดยการ Invert Fsync ชะ เพื่อให้สัญญาณ R+ มาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นชุดข้อมูล และใช้วิธีเดียวกันกับสัญญาณ Left ในการสร้างสัญญาณ R- ขึ้นมา วิธีนี้ทำให้เราได้สัญญาณแบบ Balance สำหรับป้อนเข้า DAC L/R แยกกัน แต่สัญญาณ L/R จะต่างกันอยู่ $\frac{1}{2} F_s$ หรือ 32BCK ด้วย ซึ่งผมไม่ซีเรียสในเรื่องนี้นัก เนื่องจากตอนที่ออกแบบ Non-OS DAC ตัวแรกที่ใช้ AD1865 ก็เคยใช้วิธีนี้มาแล้ว แต่ถ้าคุณซีเรียสก็ Delay L+ / L- ออกไปอีก 32BCK และเปลี่ยนไปใช้ Fsync ของสัญญาณ R แทนชะ ก็จะได้ Timing ตรงกันกับสัญญาณ R ครบ และ DAC ข้างขวาก็จะ Update Analog Output พร้อมๆ กัน ผลพลอยได้อีกอย่าง

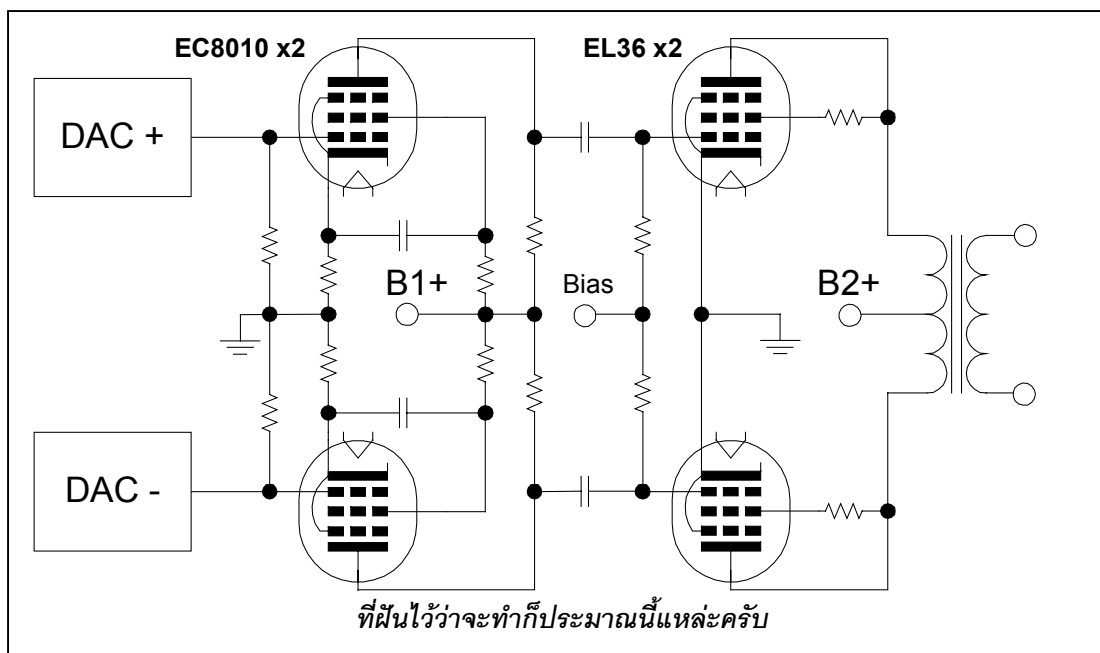


หนึ่งของการเหนี่ยวนำครั้งนี้คือ Chip จะดึงกระแสจากภาคจ่ายไฟ Analog ด้วยอัตราคงที่ (Constant Current) เนื่องจากสัญญาณ +/- ของ Channel เดียวกัน จะ Offset กันพอดี $[(+L) + (-L) = 0]$ และ ไม่เกิด Cross Talk ระหว่าง Channel อีกด้วย

Logic IC ที่เป็นพระเอกของเราในการนี้ก็คือ Shift Register ครับ แรกเริ่มผมหาแต่ TTL Logic ก็เลยได้มาแต่ 8 Bit Shift Register อย่าง 74HC164, 74HC166 เป็นต้น ซึ่งก็สามารถเอามาต่ออนุกรมกันซัก 4 ตัวและใช้ BCK เป็น Trigger Clock พอป้อน SDATA เข้าไป ก็จะได้สัญญาณที่ Delay 32BCK แล้วครับ แล้วก็ใช้ Inverter กลับสัญญาณซะ ก็จะได้สัญญาณ L+/L-, R+/R- อย่างที่ต้องการ สุดท้ายก็ใช้ Multiplexer เบอร์ 74HC157 เป็นตัวจัดเรียงสัญญาณตาม Format ของ I2S ก็เป็นอันเสร็จ ต่อมาผมไปเจอ CMOS เบอร์ 4517 (MC14517) ซึ่งเป็น Dual 64 Bit Shift Register และมี Output 32 Bit Shift ด้วย ก็จะสามารถลดรูปวงจรลงได้นิดหน่อยครับ อ้อหนึ่ง ผมไม่เคยลองกับ CMOS 4517 นะครับ ที่ผมกังวลอยู่คือ

Propagation Delay ของ CMOS ซึ่งสูงกว่า TTL มาก และระดับ Input/Output Voltage ของ CMOS และ TTL ที่แตกต่างกันนะครับ ไม่รู้มันจะคุยกันรู้เรื่องรึเปล่า? ก็ลองเอาไปเล่นกันดูครับ ถ้าใช้ไม่ได้ก็ค่อยเปลี่ยนกลับมาใช้ TTL ที่หลังก็ได้ครับ

ที่เล่ามานี้ก็คือฝันที่ทำไปแล้ว ส่วนที่จะเล่าต่อไป เป็นส่วนที่ยังฝันอยู่นะครับ เรื่องมีอยู่ว่า คุณศานติมักจะแซะให้ผมทำ PP Amp บ้าง เพื่อจะได้เอามาประลองกับเครื่องของแกดู แต่แกก็ไม่สมหวังซะที เพราะที่ผ่านมา ผมไม่ได้ต้องการกำลังขับมากมายจากวงจร PP กอปรกับผมไม่เคยประสบความสำเร็จจากวงจร Phase Splitter แบบใช้หลอดเลย พุดไปเหมือนผมทำมาเยอะ แต่อันที่จริงผมเคยทำแค่ Long-tail pair กับ Split load อย่างละครั้งสองครั้งเท่านั้นแหละครับ ผมอาจจะทำไม่ได้เองก็ได้ แต่สุดท้ายก็ต้องใช้ Grid Choke (ทำงานคล้าย Autoformer), Interstage Transformer หรือ Input Transformer ที่ Secondary เป็น Balance ในการแยกเฟส คือไม่ใช่ว่าพวกวงจร Active Phase Splitter มันทำงานไม่ได้หรอกครับ มันทำงาน



ได้ดีทีเดียวแต่ผมรู้สึกถึงความที่ไม่ Balance กันจริงๆ เท่านั้นนะครับ วงจร Split load ให้สัญญาณกลับเฟสกัน 180 องศาแน่นอน แต่ Output Impedance ต่างกัน ในขณะที่วงจร Long-tail pair ก็ให้ Output Imp. ใกล้เคียงกันแต่ต้องอาศัยของเฟสแปรผันตามความถี่ (มาก-น้อยขึ้นกับการออกแบบครับ) ทำให้สัญญาณทั้ง 2 ไม่กลับเฟสกันอย่างสมบูรณ์ในทุกๆ ความถี่ (ถ้าใครทราบวิธีแก้ไข ปรบกววนแจ้งให้ทราบด้วยนะครับ) การใช้ Input Transformer, Interstage Transformer หรือ Grid Choke ก็ต้องลงทุนสูงพอสมควร Balance DAC จึงเป็นทางเลือกที่น่าพิจารณาสำหรับผมในการทำ PP Amp ถ้าแยกเฟสที่ Analog มันมีปัญหาหนัก ก็แยกซะตั้งแต่ Digital ไปเลยละกัน ผมก็เลยวาดฝันต่อที่จะทำ PP Amp ชักตัว โดยใช้สัญญาณที่แยก Phase มาตั้งแต่ Digital Signal ก็คือ Balance DAC วงจรนี้ล่ะครับ ก็ขอพักไว้ตรงนี้นะก่อน หลายๆ คนอ่านถึงตรงนี้ก็คงจินตนาการวงจรออกมาได้แล้ว

ผมนึกถึงลำโพง Lynn Olson's The Ariel MKIII ที่เก็บเอาไว้เฉยๆ มา 4-5 ปีแล้ว ลำโพงตัวนี้ถือว่าเป็นลำโพงความไวสูงและเสียงดีมาก ๆ เมื่อเทียบกับลำโพงยุคปัจจุบันในตลาด ผมก็เลยคิดว่าน่าจะ

จะทำ Integrated Amp Push-Pull กำลังขับปานกลางชักตัวมาขับมันซะหน่อย ไว้ใช้ฟังเพลงในห้องนอนก็น่าจะเหมาะสมดี Marantz CD-46 ก็จัดไว้เฉยๆ บนหิ้งมาหลายปีแล้ว ซึ่งผมปรับให้มันเป็น

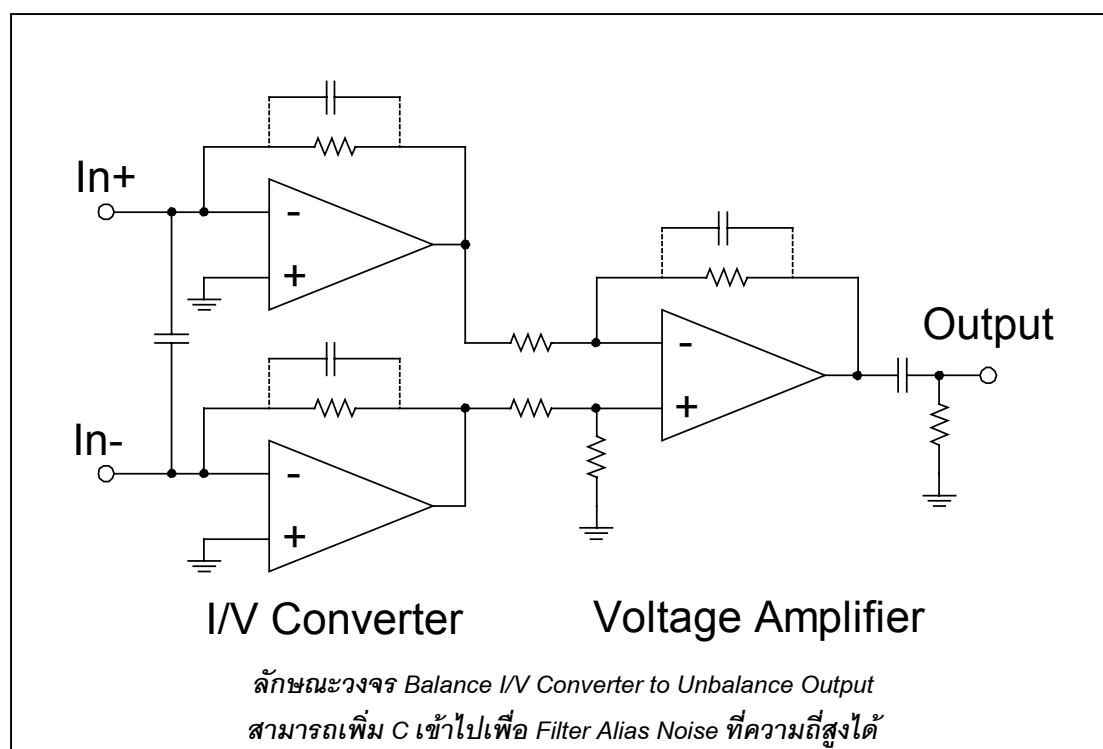


The Ariel (MK-III) เป็นลำโพง Tower 2 ทางแบบ MTM เคยลงใน DIY Journal Issue 2

CD Transport ให้อยู่แล้ว โดยการเพิ่มวงจร SPDIF Output เข้าไป และ Modify ภาควัสดุไฟฟ้านิดหน่อย เสียงใช้ได้เลยทีเดียว ก็เอาไว้จับคู่กับ Project นี้แหละ คิดว่าออกแบบให้แอมป์มีกำลังขับซัก 15-20W ก็เหลือเฟือสำหรับห้องนอนและ The Ariel แล้วครับ ก็เป็นว่ามูลเหตุแรกที่ผมคิดจะทำ Balance DAC คือเพื่อให้ DC Cancel กันใน Primary ของ Step-up Transformer ก็ถูกล้มไปเรียบร้อยแล้ว เพราะมันจะไป Cancel กันที่ Output Transformer ของแอมป์แทนครับ

เนื่องจากสัญญาณจาก TDA1541A นั้นเบามาก (Recommended ของ TDA1541A คือเมื่อผ่าน R I/V แล้ว ไม่ควรทำให้เกิดแรงดันเกิน 25mV) ถ้าจะใช้ Step-up Transformer อย่างเคียวก็น่าจะใช้ถึง 4 ลูก รู้สึกเปลืองไปหน่อยสำหรับแอมป์ที่จะร้องเพลงที่เราคงไม่ได้ฟัง เพราะพอเปิดได้ไม่นานก็คงหลับไปแล้ว (ฮา..) ผมจึงเลือกใช้หลอด Pentode อัตราขยายสูงๆ ดีกว่า และตั้งเป้าให้ได้ อัตราขยายมากพอที่จะขับหลอด Power ได้เลย เพื่อลดจำนวน Stage ของวงจรลง ให้แอมป์ทั้งตัวกะทัดรัดขึ้น เหมาะกับห้องนอนซะหน่อย

หลอดที่ผมเลือกใช้คือ EF8010 ครับ ทำหน้าที่ทั้ง Gain Stage และ Driver ไปในตัว ส่วนหลอด Output ก็เป็น EL36 ครับ วงจรก็เหมือนทำ SE Amp 2 ชุด แต่ใช้ OPT ร่วมกันครับ ยังไม่ได้คำนวณค่าอุปกรณ์อื่นๆ เลย มีแต่รูปวงจรคร่าวๆ ที่เห็นนี้แหละครับ กะว่าจะเริ่มทำซักกลางปี ก็มาเจอกับ DI-DAC ซะก่อน เลย Freeze Project ไว้ซะว่างๆ ไม่มีอะไรทำแล้วค่อยขุดมาทำต่อครับ ว่างเวลานั้นมาถึงจริงๆ ผมก็อาจจะเปลี่ยนใจไปเลือกหลอดเบอร์อื่นมาใช้ก็ได้ วงจรก็อาจจะเปลี่ยนไปตามความรู้, ประสบการณ์ที่มากขึ้น ก็ค่อยมาดูกันตอนนั้นอีกที ที่เล่าความฝันให้ฟังนี้ ก็เผื่อใครจะเอาไปลองทำดูก่อน ก็เชิญเลยครับ ส่วนใครที่อยากจะทำ Unbalance Output ให้กับ DAC ตัวนี้และยังไม่มี Step-up Transformer อย่างที่ผมชอบใช้ ก็สามารถใช้ Op-amp I/V Converter ได้ครับ แล้วก็ใช้ Op-amp อีกตัวมารับสัญญาณ Differential ออกมาเป็น Unbalance Signal อีกทีก็ได้ครับ ลักษณะวงจรก็อย่างที่เห็นในรูปนี้แหละครับ พวกค่า R, C ที่เหลือก็ลองไปคำนวณออกแบบกันดูเองละกัน ขอให้ประสบความสำเร็จกันนะครับ



845 SE AMP

อภิมหาโครงการล้านปีของผม

Author : Kris Horpaopoun



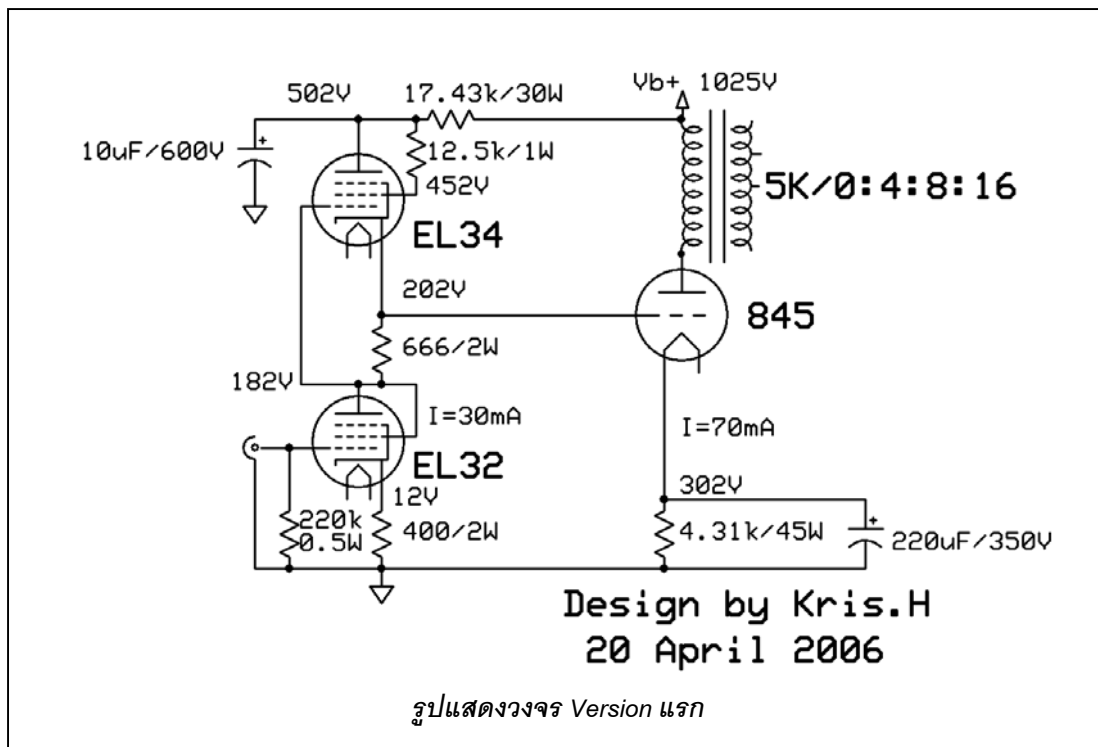
845 Single-Ended Amplifier โครงการล้านปีของผม

ตั้งแต่ผมเข้าสู่โลก DIY มา โครงการนี้เป็นโครงการที่ยาวมาก... เนื่องมาจากความลังเลว่าจะเอายังไงดี ใช้หลอดอะไรดีหนอ จะดีหรือเปล่านั้น ซึ่งผลที่ได้มาก็ถือว่าน่าพอใจครับที่...ลงทุนมากไป แฮะๆ นับว่าเป็นแอมป์ที่อลังการมากที่สุดในชีวิตผม เพราะเป็น Mono Block ช้างนั่งใช้ถึง 9 หลอด... ทำไม่ต้อง 9 หลอด และเพราะอะไร ก็ขอเชิญมาติดตามเรื่องราวกันครับ

นับตั้งแต่กลุ่มเราได้มีการ Shoot out มา กันนั้น 1 ในแอมป์ที่ติดผมคือ 845 ของคุณสมโภชน์ ใน SOD ครั้งที่ 3 ที่บ้านคุณเขมรัฐกระมัง มันเพียบพร้อมด้วยรายละเอียด และเนื้อเสียงที่ไม่เป็น

รองใคร ความใหญ่โตอลังการแอมป์หลอดใหญ่ที่ส่องสว่างยามขับขาน ช่างเป็นสิ่งที่รุ่มร่ามเสียจริงไม่ว่ามันจะถูกดัดแปลงต่อมาเป็น Low Watt Version ในแบบของพี่กั้งก็ตาม เสียงมันก็ยังคงมาในรูปแบบหลอด Direct Heat ที่มีเสียงชวนเสน่ห์แบบปึกๆ

แน่นอนครับ เมื่อคนอย่างผมทำอะไรแล้วไม่เคยเป็นที่เรียบร้อยได้ซะที ผมก็เลยเผื่อเอาไว้ว่า มันต้องแยก 2 แท่น เพื่อเพิ่มโน่นนี้ได้ และเวลาแยกจะได้ไม่หนักมาก จริงๆ แล้วตอนนั้นก็หนักนะครับ แต่อย่างไรเมื่อทำมาแล้ว ก็ต้องเดินหน้าต่อไป

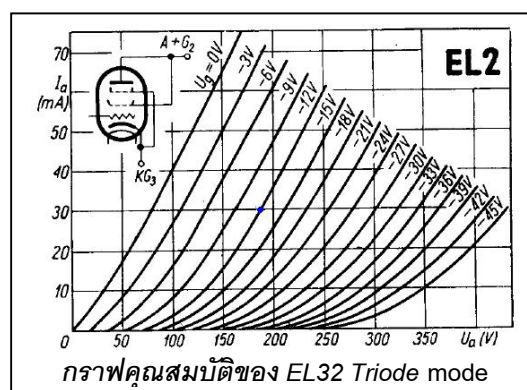


ครั้งแรกสุดนั้น ความต้องการคือ ขอให้ เป็นวงจร Direct Coupling ครับ แฮะๆ ด้วยความต้องการที่อยากลองของ จึงเป็นที่มาของ Concept เริ่มต้นเลย โดยตั้งใจว่าจะใช้ Stage เดียวพอ โดยจะใช้คู่กับหลอดเบอร์ 30 ที่มีอยู่ และลองๆ มาหาดูพบว่าพอมีหลอดเบอร์ EL32 ที่ซื้อมาคงไว้นานแล้ว จึงได้เริ่มทำการออกแบบให้ EL32 เป็น Triode Amplifier และ EL34 เป็น Pentode Load ให้ครับ แล้ว Direct Coupling ไปที่กริดของ 845 โดยตรง จึงได้วงจรดังนี้ครับ

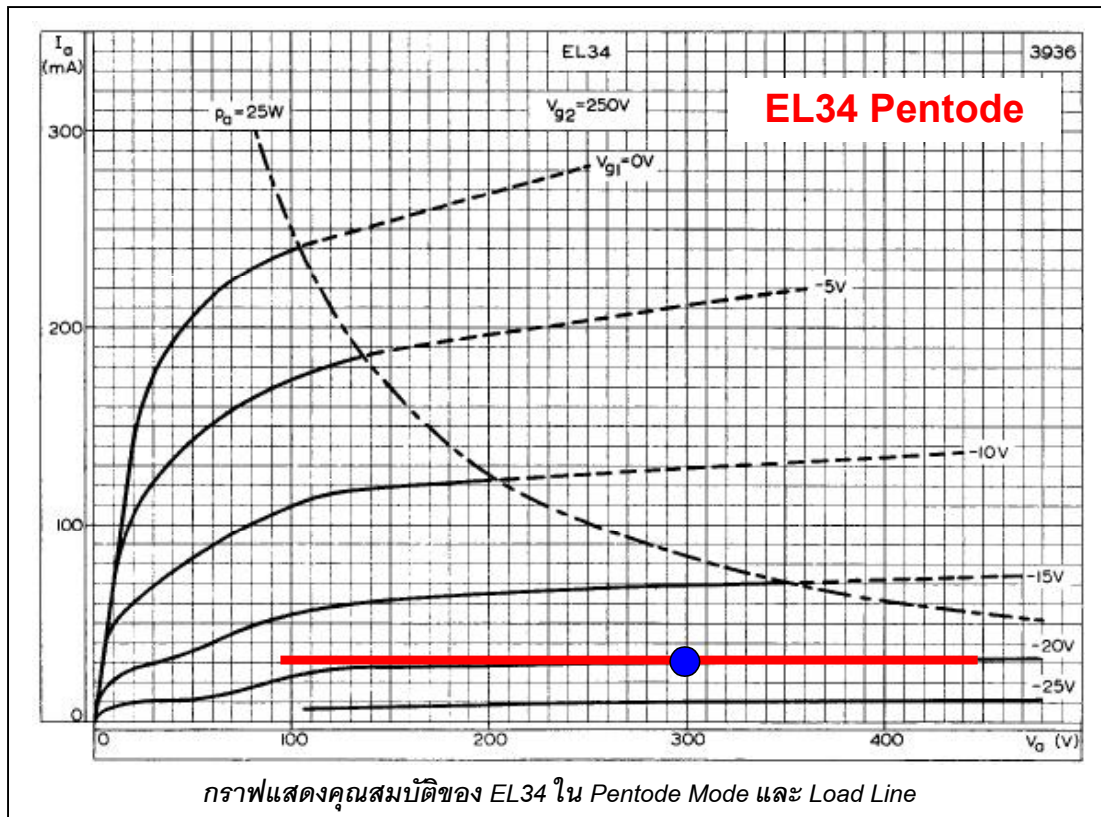
วงจรภาคแรกนั้น ได้กำหนดให้กระแสไหลในภาคแรก 30mA โดย EL32 นั้น จะถูก Bias ที่จุด $V_p = 170V$, $V_g = -12V$ ทำให้ได้ค่าที่วัดออกมาดังรูป โดยหาจุดทำงานจากกราฟ ซึ่งใช้ร่วมกับ EL2 ตรงจุดสีฟ้า (หมายเหตุ ค่าที่ได้มาจากการประมาณ จึงไม่ตรงนัก เพราะเวลาทำจริงก็มักได้ค่าไม่ค่อยตรง เอาใกล้เข้าว่าครับ แฮะๆ)

แล้วจึง Bias หลอด EL34 Bias ที่ $V_p = 300V$, $V_{g1} = -20V$, $V_{g2} = 250V$, $I_p = 26mA$, $I_{g2} = 4.0mA$ แบบรูปแสดงจุดทำงานครับ ทำให้

ได้ค่า R_{g2} ออกมาดังรูป (หมายเหตุ จากกราฟ EL34 จะเห็นได้ว่ามีแค่ค่า I_p มาให้ ไม่มีค่า I_{g2} ซึ่งตรงจุดนั้นกำหนด $I_p = 30mA$ ไปแล้ว โดยยังไม่รวม I_{g2} เลย เหตุผลแบบข้างบนครับคือ ขี้เกียจมานั่งคำนวณมาก โดยส่วนใหญ่ I_{g2} นั้น จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ I_p ทำให้ผมปัดๆ ไป แล้วไปจนเอาจนได้ค่าออกมาครับ)



จะเห็นได้ว่า ผมชอบใช้วงจรลักษณะนี้ตั้งแต่ EL38 แล้ว ผมชอบตรงที่มันให้รายละเอียดที่ดี แม้ว่าบางคนอาจฟังดูแห้งๆ ไปบ้าง แต่การจัดวงจรแบบนี้มีผลดีคือ

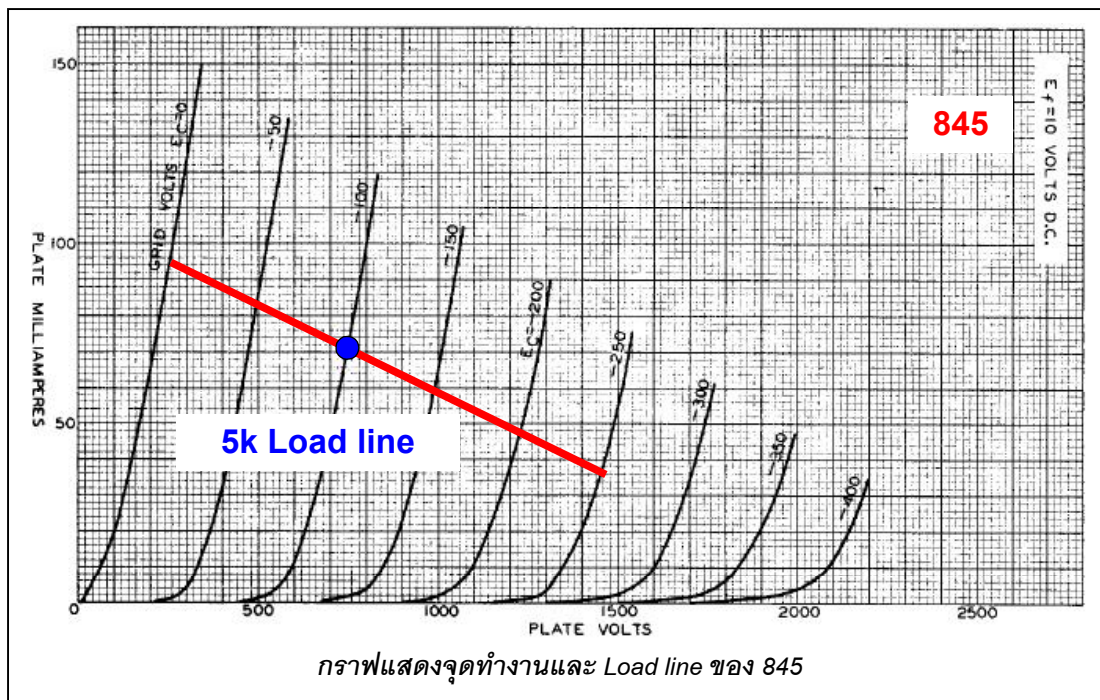


- ลดอาการฮัมที่เกิดจากไฟ V_{b+} ที่ไม่เรียบได้ เนื่องจากค่าฮัมนั้น จะถูกค่า μ ของหลอดบนลดทอนลงไป ยิ่ง μ มาก อัตราการฮัมก็ยิ่งต่ำครับ
- มี Load Regulation ที่ดี เนื่องจากหลอดบนจะคอยทำหน้าที่เป็น Sensor ให้กับการจ่ายกระแสไปยังภาคถัดไป ดังที่เคยกล่าวไว้ใน YB2005 ยิ่งหลอดบนมีค่า G_m มาก ก็ยิ่งควบคุมได้ดี

สำหรับค่า Load นั้น ผมยังไม่แน่ใจนัก แต่ด้วยความรู้ที่มีจากที่เคยเรียนมานั้น ในวงจรนี้ Load คงไม่ใช่ 666 Ohm แน่ชอน หากใครที่ได้เรียนวิชา Circuit มาบ้าง คงรู้ว่าค่า Load ที่หลอดล่างเห็นนั้น จะมีผลจากการที่ V_g ของหลอดบนควบคุมการจ่ายกระแสของวงจรมาอยู่ จึงทำให้เสมือน EL32 เห็น $Load = 666 \text{ Ohm} \times 11$ (μ หลอด EL34) + (Load ภาคต่อไป // R_p)

ก่อนที่จะเข้าหลอด EL34 นั้น ผมใช้ R Drop ลงไปประมาณ 500V เพื่อไม่ให้ EL34 ทำงานมากนัก และจากกราฟ EL34 เราจะเห็นได้ว่า ในช่วง 200 - 400V, $V_g = -20$ นั้น มีความเป็นเชิงเส้นมากพอ สามารถใช้งานเป็น Load ให้ EL32 ได้ดีและเพียงพอต่อการ Swing ของสัญญาณให้ 845 ครับ และอย่าลืมยกระดับแรงดันของไฟให้หลอด EL34 ด้วยนะครับ โดยวงจรนี้ ผมนำไป Tap กับจุดที่ใช้แบ่งแรงดัน C ครับ ผมจะพูดอีกทีในส่วนของการจ่ายไฟนะครับ

เอาละครับ เนื่องจากวงจรนี้เป็นวงจร Direct Coupling จึงต้องมีการคำนวณยกไฟ Cathode ของหลอด 845 ขึ้นมา โดยที่ $G1$ จะมี V ประมาณ 202V และผมได้กะให้หลอด 845 ทำงานที่กระแส 70mA ซึ่งมี $V_b = 1025V$ โดยประมาณ ก็จะได้ว่า $V_p = 750V$, 70mA จะได้ค่า $V_g = -100V$ เมื่อรวมกับ V ที่ Grid มีอยู่ตอนนั้นคือ 202V จึงต้อง Bias ไป 302V เราก็จะหาได้ว่า $302V/70mA = 4.31Kohm$ โดยประมาณ โดยต้องทน Watt ได้ที่



$302 \times 70 = 21W$ โดยประมาณ ซึ่งผมก็ได้เผื่อค่าไปเป็น 45 Watt ซึ่งเหลือดีกว่าขาดครับงานนี้ จุดที่ผม Operate 845 ในรูปนะครับ

ตัว OPT นั้นตอนแรกใช้ค่าประมาณ 8K Primary Impedance ของ Tron ครับ ก็ได้คุณภาพสมราคา เมื่อตอนหลังได้ลองห้อแปลง 5K ที่คุณภาพดีกว่า เสียงที่ได้ดีขึ้นมากครับ ซึ่งก็อย่างว่าละครับ จ่ายมากขึ้นก็ยอมได้มากขึ้น หรือจะจ่ายน้อยเอามันส์ก่อนก็ได้ ค่อยว่ากันต่อทีหลัง

น้ำเสียงตอนที่ใช้ Tron นั้น ต้องบอกว่าขาดรายละเอียดไปมาก เนื่องจาก OPT นั้นไม่สามารถให้รายละเอียดออกมาได้ ต่อมาได้ลอง OPT ลูกใหม่ที่เยี่ยมชาวบ้านชาวช่องมาลอง แล้วพบว่ารายละเอียดเสียงที่หายไป กลับคืนออกมาครับ ซึ่งค่อนข้างดีกับความเป็นพีไฟฟ์น้อย เสียงกลางหนาขึ้น รายละเอียดดีฟังสบายขึ้นครับ (แต่ไม่ถึงหนานุ่มมากนักครับ ผมกลัวห้เวลาเปิดเตี๋ยไฟใหม่ 555) ส่วนของภาคจ่ายไฟนั้น ดูได้จากรูปวงจระครับ

ในส่วนของไฟเลี้ยงให้หลอดนั้น 845 ต้องการไฟ 10V 3.25A เป็นอย่างต่ำ ถ้าจะเล่น

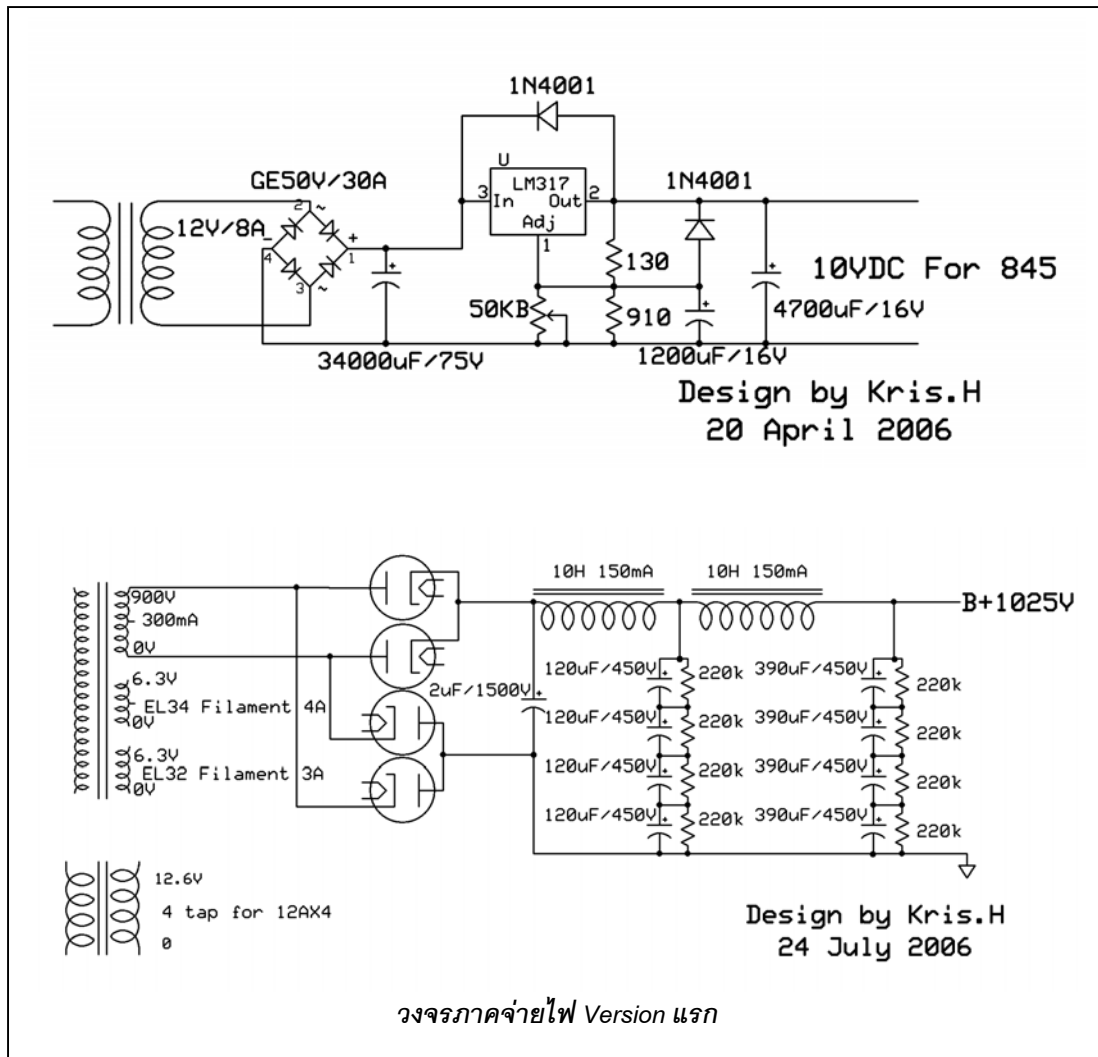
813 ก็ต้อง 5A ผมจึงใช้ LM338 เป็นตัวถังงานบินติด Heatsink ขนาดใหญ่ (ซึ่งตาม Datasheet บอกว่า สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5A)

Features

- Guaranteed 7A peak output current
- Guaranteed 5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed thermal regulation
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- Output is short-circuit protected

คุณสมบัติของ LM338

ผมจึงนำมาใช้ควบคุมระดับไฟตรง 10V โดยมี POT เป็นตัวปรับให้ได้ Volt ที่ต้องการ บางครั้งผมใช้กับ 828 ซึ่งต้องการไฟ 6.3V ด้วยครับ เลยอยากให้มันปรับได้หน่อย โดยห้อแปลงที่ใช้ นั้น ผมเผื่อไปเป็น 12V 8A เนื่องจากเวลาแปลงเป็นไฟตรงแล้วจะมีการกระชากของกระแส ทำให้ต้องเผื่อไว้ครับ ที่ผมใช้ห้อแปลง 12V นั้น เนื่องจาก LM 338 ต้องการไฟตกคร่อมมันอย่างน้อย 3V เพื่อให้เกิดเสถียรภาพที่ดี ดังนั้นเมื่อผมใช้ 12VAC แล้ว พอ Rectifier ก็จะได้ไฟตรงจากการคำนวณ



ดังนั้นครับ $(12 \times 1.414) - 1.4 = 15.568$ (12×1.414) เพื่อแปลงค่าจาก VAC มาเป็น VDC ไฟตรง โดยสมมุติว่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงไฟเป็น 100% ส่วน -1.4V นั้น เป็นการหักค่าจาก Forward Voltage ของ Diode ที่เกิดจากการผ่าน Diode 2

ตัวในการ Rectifier แบบ Bridge โดย Diode 1 ตัว จะมีค่า $V_d = 0.7V$ โดยที่เราต้องการ 10V ดังนั้น จะมีไฟตกคร่อม LM338 ประมาณ 5V ซึ่งผ่านขึ้นต่ำที่ต้องการครับ และไม่เกินค่า Maximum ที่เขากำหนดมาให้ คือราวๆ 35V ครับ

ก่อนเข้า LM338 นั้น ผมเรียงกระแสไฟ โดยใช้ Bridge Diode สำเร็จรูป ที่สามารถจ่ายได้ 50A ที่ 30V โดยต่อเข้ากับ Heatsink อีกที เพื่อความชัวร์ในการระบายความร้อน (ตัวแทนผมเป็น Aluminium อยู่แล้ว จึงไม่มีปัญหามากนัก ต่อเข้ากับแท่นไปเลยได้) จริงๆ แล้วไม่ต้องถึงกับ 50A ก็ได้ครับ สัก 10A น่าจะพอ แต่เนื่องจากผมไปเจอราคาถูกมาพอดี เลยเอามาใช้ครับ (กว่าจะได้ใช้ต้องมา 2 ปีเนอะ...)





Heatsink ของ Bridge Diode

จากนั้นจึงใช้ C Filter 34000uF 75V ของ GE ที่มีในกรุ (อีกแล้วครับ ที่ซื้อมาตอนนาน) ตรงนี้จริง ๆ ก็ 20000uF 25V น่าจะพอครับ หลังจากนั้นเข้า LM338 แล้ว จึงออกไปยัง C 4700uF 16V เพื่อทำการกรองอีกทีหนึ่ง โดยมี R 130 Ohm และ 910 Ohm เป็นตัวกำหนดระดับไฟตามสูตรคำนวณค่าจาก Datasheet เพื่อให้ได้ไฟ 10V แล้วจึงมี POT 50KB ต่อขนาน 910 Ohm เพื่อปรับแรงดันตามที่ต้องการได้ ตรง R 910 นั้น มี C 1200uF คอยคุมแรงดันให้นิ่ง และเป็นตัว Delay การจ่ายกระแสขณะเริ่มต้น ไม่ให้จ่ายออกมากไปทีเดียว เพื่อรักษาไส้หลอด 845 และมี Diode 2 ตัวที่क्रमจุดต่างๆ ของ LM338 เพื่อหลีกเลี่ยงระดับแรงดันที่มากกว่าระดับไฟที่क्रम LM338 แต่ละจุด ซึ่งอาจทำให้ LM338 พังได้ ข้อควรระวังคือ เนื่องจากหลอด 845 เป็นหลอด Direct Heat จึงไม่ต้อง Tap ไฟให้หลอดลง Ground เพราะว่าไฟให้หลอดนี้ จะมีศักย์แรงดันสูงถึง 270V จึงต้องระวังการ Short LM338 กับ Heatsink และแท่นเครื่องมากๆ และขณะเปิดเครื่อง อย่าเอามือไปจับ LM338 เด็ดขาด!!!

มาดูภาคจ่ายไฟสูงกันครับ ผมใช้หม้อแปลง 450-0-450 300mA มาใช้งานเป็นหม้อแปลง 0-900 โดยจับจุดปลาย 2 ข้างมาใช้ ปล่อยล่อย Center Tap เอาไว้ครับ เสร็จแล้วนำมาเรียงกระแสด้วยหลอด 12AX4 ซึ่งสามารถจ่ายกระแสไฟตรงได้ 165mA และทน PIV (Peak Inverse

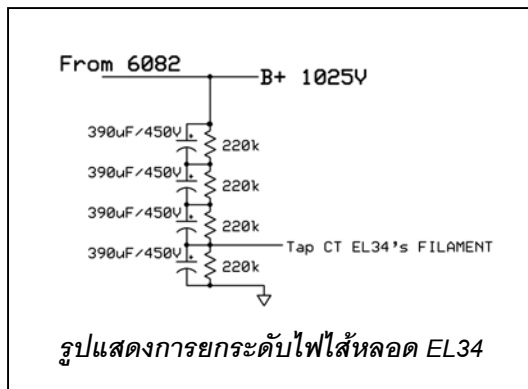
Voltage) ได้ 5000V เมื่อนำมาต่อเป็น Bridge แล้วก็สามารถจ่าย 300mA ได้สบายๆ



หลอด 12AX4GTB Raytheon

หลังจากนั้นจึงกรองไฟด้วย C 2uF 1500V ซึ่งเป็น C น้ำมันของ Cornell Dublier แล้วจึงเข้า Choke 10H 150mA แล้วกรองด้วย C 120uF 450V ที่ต่ออนุกรมด้วยกัน แล้วใช้ R 220K ขนานเพื่อเป็นตัวคอยจัดแบ่ง Voltage ให้เท่ากันทุกตัว ทั้งหมด 4 ตัว ซึ่งจะทำให้ C ชุดนี้ เหมือนมีค่า 30uF 1800V แล้วจึงเข้า Choke 10H 150 mA อีกที แล้วไปเข้า C 390uF 450V ที่ขนาน R 220K ที่ต่ออนุกรมกันอีก 4 ชุด ซึ่งจะได้ค่าเท่ากับ 97.5uF 1800V แล้วจึงนำไปจ่ายไฟครับ ซึ่งวิธีนี้เราก็จะสามารถนำ C Electrolyte ที่ Voltage ค่าต่างๆ มาใช้ในงานไฟสูงได้แล้วครับ ส่วน Choke นั้น สิ่งทำที่ Tron ครับ โดยบอกเขาว่าเราจะใช้ที่ไฟสูงครับ

ในส่วนไฟให้หลอดนั้น ผมจะ Tap ไฟให้หลอด EL32 ลง Gnd ส่วน EL34 นั้น เนื่องจากแรงดันที่ Cathode มีค่าสูง (ประมาณ 200V) ถ้าเรานำไฟเลี้ยงให้หลอดไป Tap กับ Gnd แล้ว ทำให้เกิดความเสียหายได้ โดยผมจะไป Tap ที่จุดแบ่งแรง



ต้น Capacitor ตัวล่างสุด โดยที่จุดนั้น จะมีแรงดัน อยู่ประมาณ 250V ซึ่งเหมาะสมเอาไปใช้งานได้ ครับ

C เหล่านี้เป็น C ที่ผมซื้อจากอมรที่ ขายราคาตอนแรกค่อนข้างถูกนั้นแหละครับ (แต่ ตอนนั้นแพงแล้ว) ซึ่งผมพบว่า ผมซื้อ C มา 10 ตัวจะ เสียไปประมาณ 2 ตัว ซึ่งตอนนั้นราคาโด่งไปมาก เท่ากับการซื้อแยกขายที่อื่นที่ละชิ้น แถมยังต้อง เสียกับคุณภาพอีก ผมจึงไม่แนะนำตอนนี้ครับ แต่ ถ้าราคาแบบเมื่อก่อนที่ถูกกว่าข้างนอกซัก 70% แล้ว จะซื้อมาแล้วค่อยวัดตรวจสอบก็ได้ครับ โดยการใช้มิเตอร์วัดดังนี้ครับ อย่างง่ายสุดเลยนะครับ หาไมเตอร์วัด Ohm และ Volt ได้มาก่อนครับ จะเป็นแบบเข็มหรือดิจิตอลก็ได้ ถ้าเป็นแบบเข็ม ให้ วัด Ohm ก่อน รอให้เข็มตีไปจนซ้ายสุด (ค่าความ ต้านทานสูงสุด) แล้ว ให้ปรับ Range ไปเป็นวัด Volt เพื่อดูว่า เข็มมีการตีกลับหรือไม่ ยิ่งตีกลับซ้ำ ยิ่งดีครับ ถ้าเป็นแบบดิจิตอล ให้วัด Ohm เช่นกัน แล้วเมื่อค่าความต้านทานมีค่ามากแล้ว ให้ปรับไป วัด Volt แล้วดูตัวเลขว่ามีค่าความเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ยิ่งลดซ้ำยิ่งดีครับ

C ตามอุดมคติ หากไม่มีกระแสรั่วไหล ค่า V จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงครับ หากค่าเปลี่ยนแปลงตกราวๆ 0.05V / Sec ผมว่ายังพอรับได้ครับ

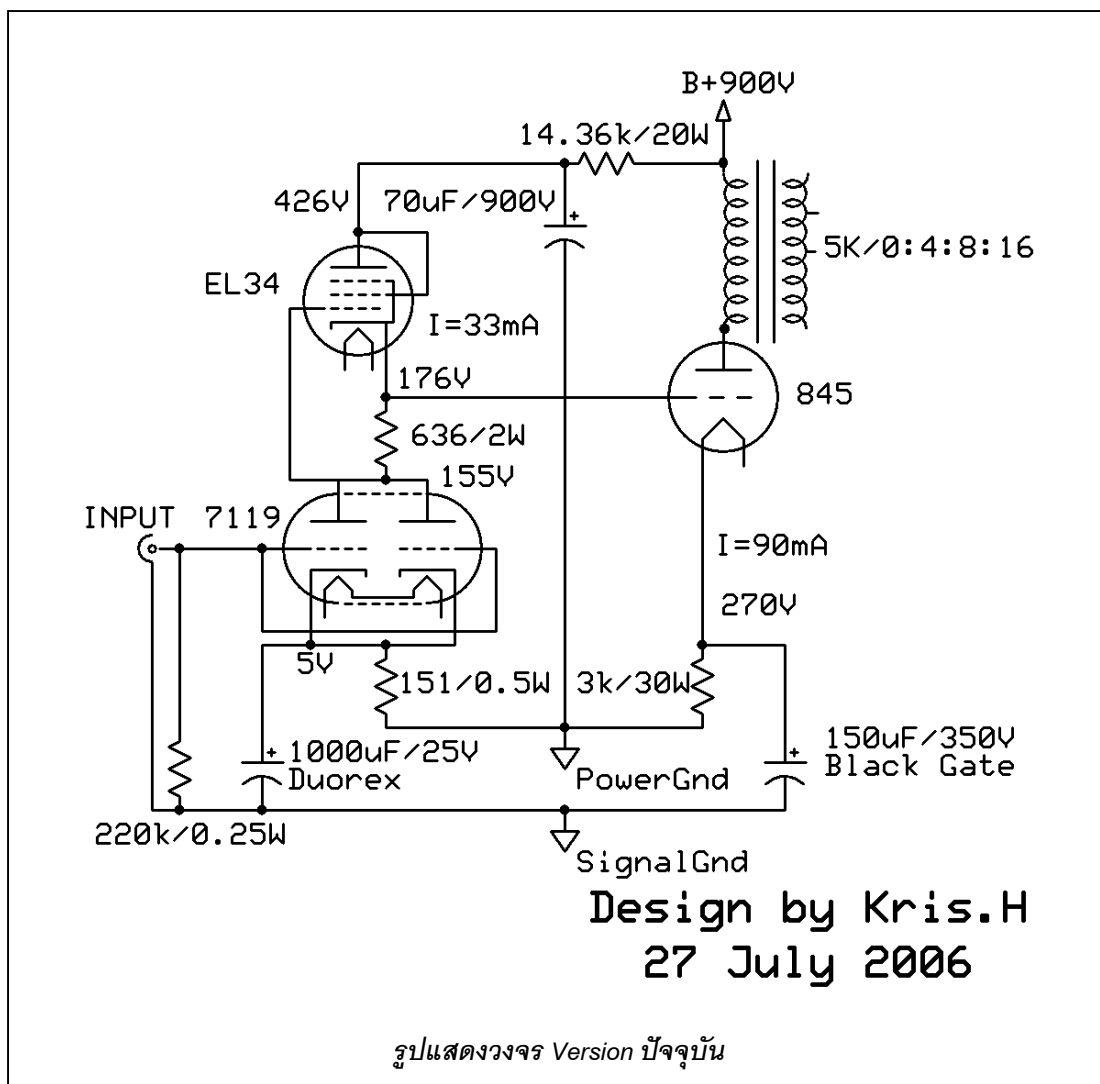
เสียงที่ได้มานั้น ถือว่าเนื้อเสียงเนียน Dynamic ดี รายละเอียดใช้ได้ครับ แต่ยังรู้สึกว้า ขนาดใหญ่ไปสำหรับผม แต่กับคนที่ชอบเพลงเสียง

ร้องแล้ว อาจจะว่าบางไปก็ได้ ในวงจรนี้ความคิด ผมก็ถือว่าสอบผ่านครับ โดยที่เสียงฮัมไม่มี จ๊ะไม่มา เป็นเพราะระบบกราวด์แบบ Two-point Earth ของ Sakuma san ด้วย ซึ่งสามารถหาอ่านได้ใน Internet หรือใน DIY Journal ฉบับก่อนๆ ครับ โดย ผมดัดแปลงตรงที่ผมจะไม่เดิน Bus Bar แต่จะใช้ ลักษณะคล้ายกับ Star Ground โดยการ Wiring สายไปที่จุด Power Ground หรือ Signal Ground ก่อนครับ ต่อมาเมื่อทำเสร็จแล้ว รู้สึกไม่พอใจ ก็เลย รื้อออก แล้วใช้ 6SL7 เป็น Input แทน และใช้ 1626 มาขับต้อบ้าง เสียงก็ไม่เป็นที่น่าพอใจครับ เลยยุบเลิกไป จะทำอย่างไรละทีนี้...ก็ออกแบบใหม่ ลีครับ คราวนี้ใช้ 7119 ที่เพิ่งได้มาซะเลย



จะเห็นได้ว่าลักษณะวงจรก็ยัง Concept แบบเดิม เพียงแต่ใช้ 7119 มาเป็นหลอดขยาย แล้ว ให้ 6L6 เป็น Load ให้ (ตอนแรกใช้ EL32 หลังจากนั้น หลอด EL32 ก็พังไปหลอดหนึ่ง ผมจึงเปลี่ยนมา เป็น 6L6 ซึ่งค่าอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงเดิม เปลี่ยนแค่ การ Wiring ก็ยังได้ค่าจุดทำงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง ไปมากนักเมื่อวัดดู)

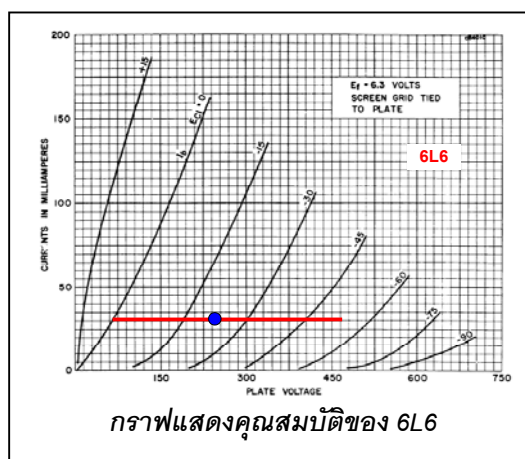
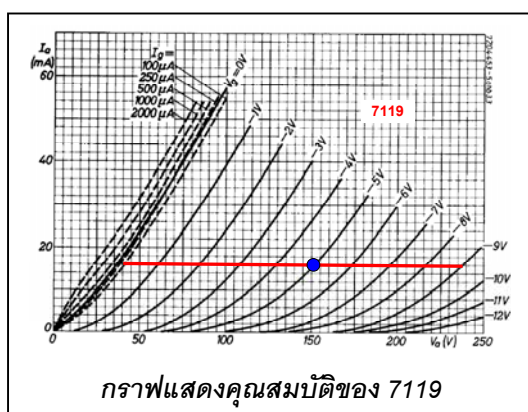
โดยจากไฟ B+ = 900V และให้กระแส ไหลในภาค Driver 33mA ผมใช้ 7119 ตั้งจุด



ทำงานไว้ที่ V_p 150V, V_g -5V เพื่อให้ได้กระแสไหลราวๆ 33mA เมื่อขานาน 2 Sections เนื่องจากหลอดเบอร์นี้ชอบกระแสมากๆ ครับ (บวกผมชอบใช้กระแสเยอะๆ ด้วยครับ) โดยหาจาก Graph ดังนี้ครับ (ในแต่ละ Section ก็จะได้ไหลราวๆ 16.5 mA ครับ) แล้วจึง Bias 6L6 ที่ V_p 250V, I_p 33mA ในไตรโอดโหมด ก็จะได้ประมาณว่า $V_g = -21V$ ครับ

โดยดูจากกราฟเช่นกันครับ

เราจึงสามารถหาค่า R เพื่อกำหนดจุดทำงานให้ 6L6 ได้จาก $21V / 33mA = 636.63 \Omega$ ผมก็ปัดไปเป็น 680 Ohm ครับ โดยให้ค่าทน Watt = 2W เพื่อความปลอดภัยครับ (จากการคำนวณจะได้ $21 \times 33mA = 0.693W$) ที่ผมใช้ Triode Mode



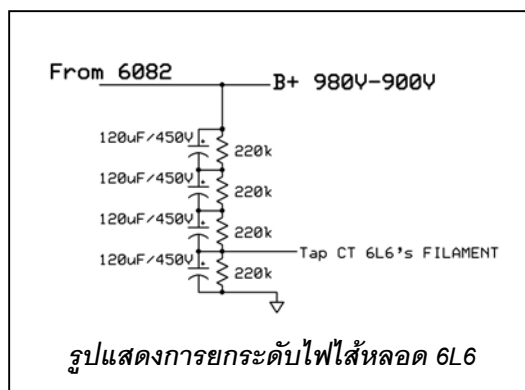
นั่นก็เพราะขั้วเกี่ยจทำ Pentode ครับ บวกกับหลอด
ล่างเป็น 7119 ซึ่งมี Plate Resistance ต่ำอยู่แล้ว
จึงไม่จำเป็นต้องทำให้ค่า Load สูงครับ

สรุปแล้ว ผมต้องลดแรงดันไฟออก ให้
เหลือ 426V โดยใช้ R ค่า 14Kohm 20W หาได้จาก
 $(900 - 426) / 33\text{mA} = 14\text{K}$ มาใช้ลดค่าแรงดันลง
แล้วจึงใช้ C 70uF 900V (เอา C ค่าต่างๆ มา
อนุกรมกันครับ) ตรงจุดนี้จะใช้ค่าใกล้เคียงหรือมาก
กว่านี้ก็ได้นะครับ แต่ขอให้ 900V ขึ้นไป เพื่อความ
ปลอดภัยครับ

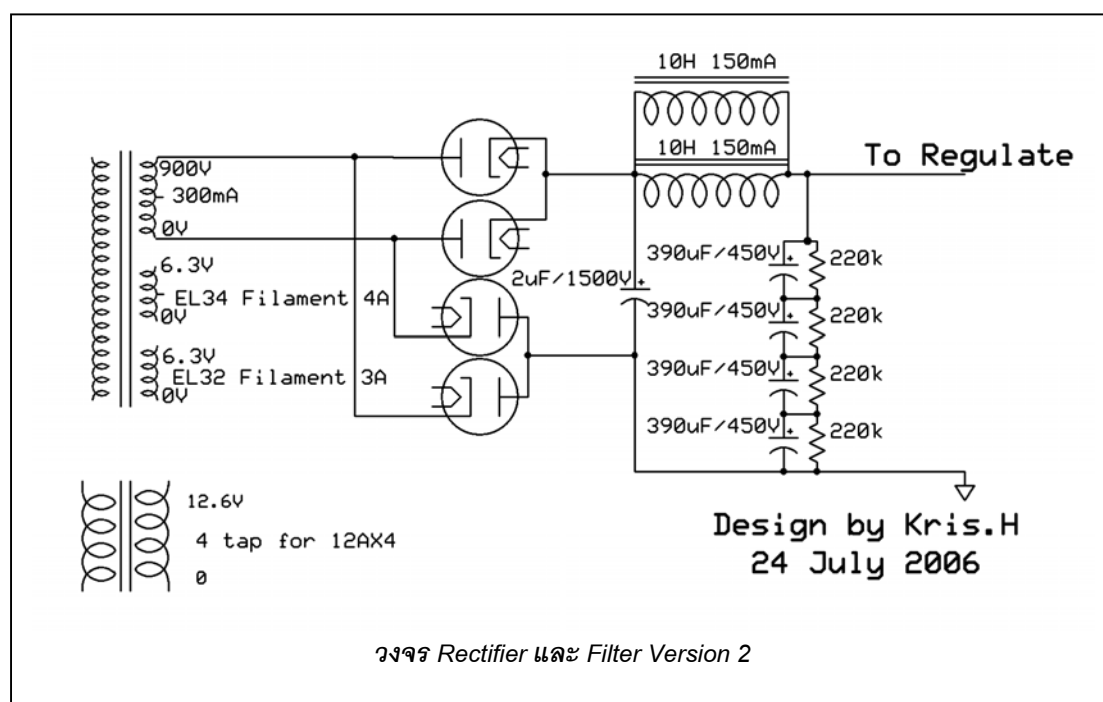
จากนั้นจึง Direct Coupling ไปภาคต่อ
ไป โดยกะให้กระแสไหล 90 mA จึงได้มาว่า จะ
ต้องได้ $V_g = -94\text{V}$ ผมจึงต้องยกไฟขึ้นมาเป็น
270V ซึ่งหาค่า R ได้จาก $270\text{V} / 90\text{mA} = 3\text{K}$ โดย
มีการเผาลังงาน = $270\text{V} \times 90\text{mA} = 24.3\text{W}$ ผมก็
ใช้อยู่ราวๆ 50W ครับตอนนี้ แล้วจึงใช้ C Bypass
150uF / 350V ของ Rubycon Blackgate ครับ

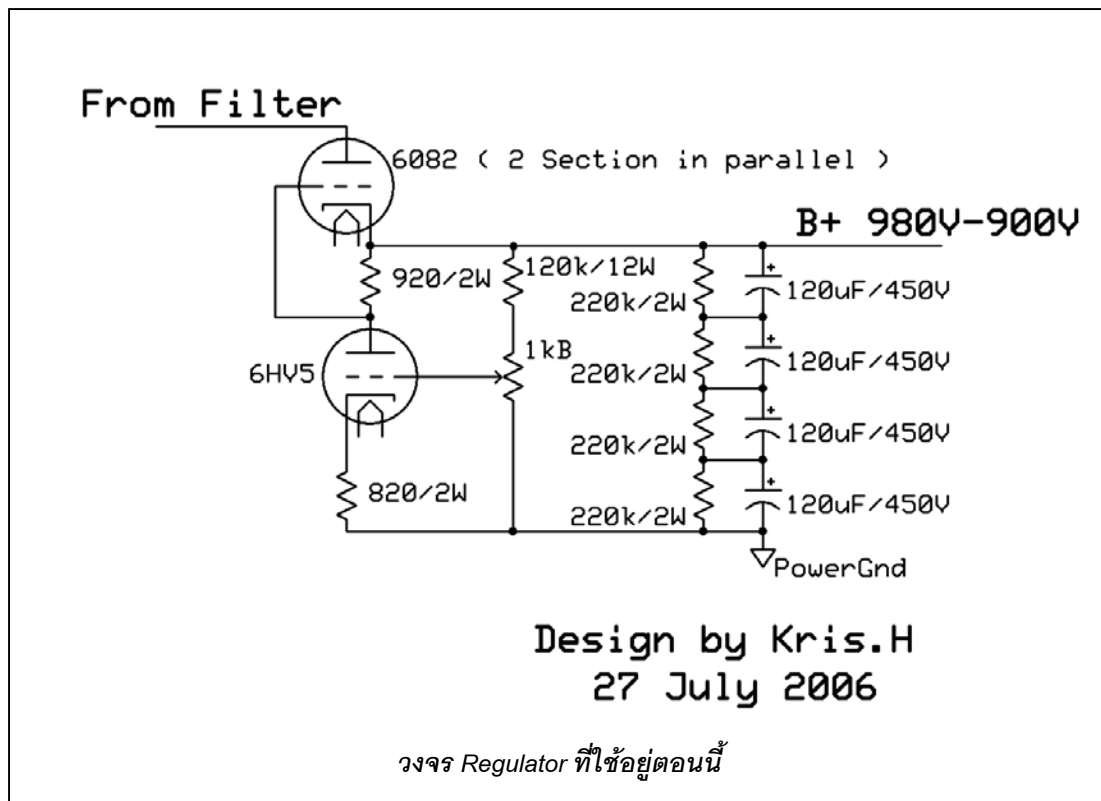
ส่วนภาคจ่ายไฟล่าสุดที่ทำมา เป็นแบบ
Bridge Rectifier หลอด 12AX4GTB ครับ ผ่าน
CLC Filter แล้วจึงไปเข้าภาค Regulate ตามวงจร
ครับ

อธิบายภาค Regulator นิติหนอยนะครับ
หลอด 6082 เป็นหลอดผ่านกระแสและ 6HV5 เป็น
Comparator คอยปรับ Bias ให้หลอด 6082
สามารถปรับค่าไฟ B+ ได้ที่ Vol 1KB ซึ่งจากการใช้
งานจริงสามารถปรับได้ราวๆ 980 - 900V แล้วก็จุด
ที่จะมา Tap ไฟให้หลอด 6L6 ก็เป็นแบบเดิมครับ
คือแบ่งแรงดันจากไฟสูงมา



หน้าที่หลักของ 6082 คือ การควบคุมการ
จ่ายกระแสให้แก่วงจร โดยมี 6HV5 เป็นตัวคอย
ตรวจจับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป โดยหลักการแล้ว
หลอดที่มาใช้ตำแหน่ง 6082 นั้น ต้องเป็นหลอดที่มี
Gm สูง และตำแหน่งหลอด 6HV5 เป็นหลอดที่ Mu
สูงและ V_p สูง กระแสที่ไหลผ่าน 6HV5 นั้น ไม่จำ

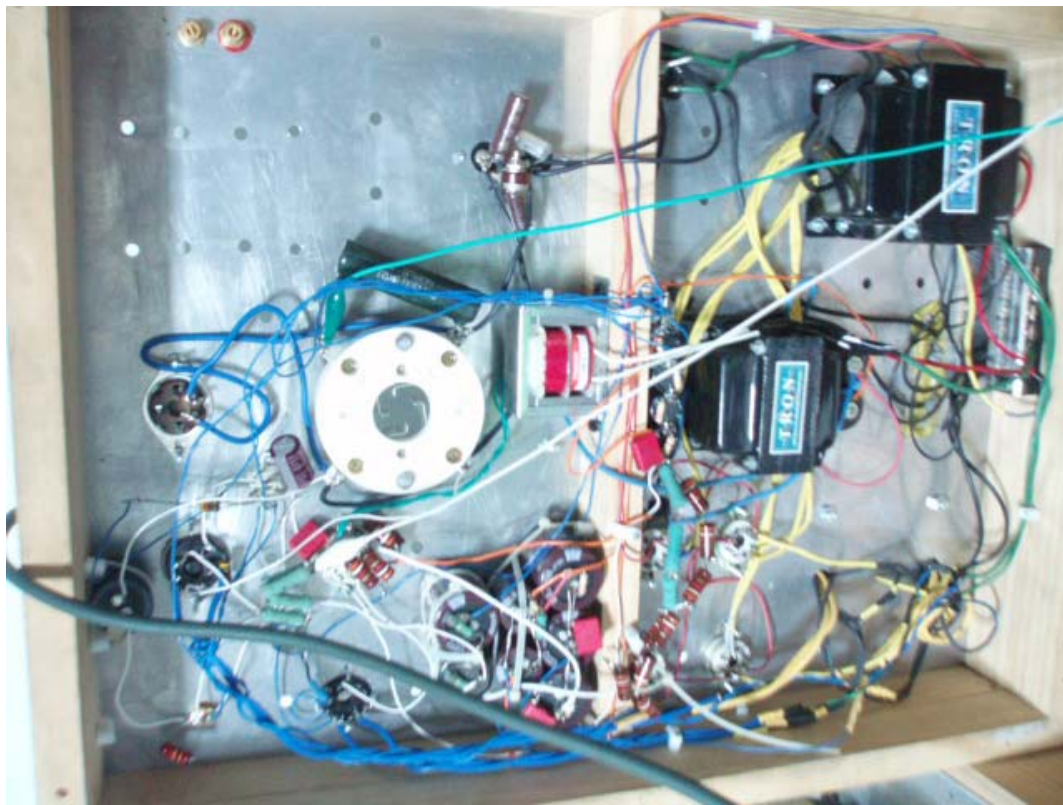




เป็นต้องมากเท่าไรครับ ถ้าอยากให้ Loop Feedback นี้มีเสถียรภาพมากขึ้น ก็สามารถเพิ่มเติม Close Loop Feedback หรือเพิ่ม Stage ในการขยายสัญญาณ Sensor ได้ หรือใส่ C Bypass R 120K โดยมี R 220K ต่ออนุกรม แล้วจึงต่อไปยัง POT 1KB ครับ โดยสามารถไปศึกษาเพิ่มเติมได้

จาก Website ของ Steve Bench ครับ
<http://members.aol.com/sbench101/>

คงจะเข้าใจยากสักหน่อยนะครับ ผมจะอธิบายภาคลูกทุ่งด้วยละกันครับ ลองคิดว่าให้มันอยู่ในสถานะที่นิ่งแล้วนะครับ เมื่อไฟ Vb+ มีการลดลง Vg ของ 6HV5 นั้น ก็จะมีค่าลดลงด้วย ทำให้กระแสที่ไหลผ่าน Plate ลดลง เมื่อกระแสไหลลดลง ทำให้ Vg ของ 6082 นั้น ก็มีค่าลดลงไปด้วย (เพราะ Rk ของ 6082 มีค่า 970 Ohm เท่าเดิม) ทำให้หลอด 6082 นำกระแสมากขึ้น เพื่อกลับมารักษาระดับสมดุลเดิมครับ ในทางกลับกัน หาก Vb+ มีค่าเพิ่มขึ้น Vg ของ 6HV5 ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้กระแสไหลผ่านเพลทมากขึ้น เมื่อกระแสไหลมากขึ้น ย่อมทำให้ Vg ของ 6082 มีค่าติดลบมากขึ้น จึงส่งผลให้ 6082 จ่ายกระแสน้อยลงครับ จุดที่ต้องระวังคือ ไฟใส่หลอด 6082 นั้น ให้ Tap ที่ขา Cathode ของตัวเองเลยครับ ห้าม Tap ลง Ground มิฉะนั้น คัทดีแรงดัน Cathode กับแรงดันไฟเลี้ยงใส่หลอดจะมีค่าต่างกันมากเกินไปครับ



รูปแสดงการ Wiring อันแสนเน่า... ปากคืบนั้น 900V นะจ๊ะ ระวังดูด!! (ห้ามเลียนแบบ)



ขณะต่อใช้งานที่บ้าน



อันนี้เอาไปเช่าข้างนอก

เป็นอย่างไครับ กับแนวคิดของผม แน่ นอน มันอาจไม่ใช่แอมป์ที่เสียงดีที่สุด แต่มันคือ แอมป์ที่มีอยู่ตัวเดียวในโลก ผมดีใจที่เห็นนัก DIY บ้านเรามีผู้เล่นมากมายกว้างขวาง มีพัฒนาการที่ดี ขึ้น หลอด 845, GM-70 ก็ไม่ได้เป็นหลอดหาพิ ยากนักในตอนนี ก็ขอให้นัก DIY ทุกคนได้พยายาม ศึกษาและสนุกกันไป เพื่อความสุขในอรรถรส ดนตรีที่คุณสร้างขึ้นมาเองครับ มีข้อสงสัยติดต่อได้

ที่ krishorpaopan@hotmail.com หรือ Post ข้อ สงสัยไว้ที่ www.thaiavclub.org Webboard DIY 'ได้ครับ ผมเชื่อว่าจะมีหลายคนเข้ามาช่วยตอบคำ ถามแน่นอนครับ

ขอขอบคุณทุกคน ที่มีส่วนช่วยให้ Project นี้ สำเร็จด้วยดีครับ

Kris Horpaopaun

“แม้มิใช่เสียงดีที่สุด แต่มันคืออีกขั้นของความที่สุดของผม”

#27 FIXED BIAS TRIODE PRE-AMPLIFIER

ปรึแอมป์ตัวนี้คุณเองก็ทำได้

Author : PajoneC



27 Fix Bias Triode Pre-amplifier นำใช้ใหม่เฮยoooooooo

ความสุขจากการทำงาน หายเหนื่อยได้จากการพักกาย นอนสักพัก หลับสักตื่น ความเหนื่อยก็คงทุเลาลง แต่ถ้าเมื่อใดที่เราเหนื่อยใจ มีปัญหาทั้งเรื่องคน เรื่องงาน รวมถึงปัญหาทางการเงินซึ่งนับวันค่าครองชีพยิ่งสูงขึ้นเรื่อยๆ ตราบใดที่เราต้องกิน ต้องใช้ เราก็ต้องเจอกับปัญหาพวกนี้แน่นอน ปัญหามันมีทุกที่ ปัญหามีกันทุกคน จะมากจะน้อย ก็แล้วแต่ว่าใครจะเจอกับอะไรกันมาบ้าง แต่ท้ายที่สุดเราก็ต้องเผชิญหน้ากับมัน สู้กับปัญหา ค้นหาทางแก้เท่าที่เราจะทำได้ ถ้าหนักมากก็หนีมันซะ พักกายสักนิด พักใจสักหน่อย แล้วค่อยมาลุยกับมันใหม่ ปัญหาทุกปัญหามีทางแก้ อยู่ที่เราจะค้นมันเจอไหม อย่าให้ความเครียดมาทำร้ายเรา เพราะฉะนั้นมาทำปรึแอมป์หลอดกันดีกว่า อธิ

ธิ อธิ เกี้ยวใหม่เนีย 😊 จนoooooooo เครียดoooooooo
ทำปรึแอมป์ 555 😊

เกริ่นนำ ทักทายกันก่อนoooo

ก่อนอื่นก็คงต้องขอล่าสวัสดิ์ดีต่อทุกท่านครับ และคงต้องขอขอบคุณทีม DIY Journal และผู้เขียนบทความ DIY Journal ฉบับก่อนหน้าทุกท่านที่ถ่ายทอดประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์กับตัวผมเอง และผมคิดว่าเป็นประโยชน์กับหลายๆ ท่านเลยละครับ ที่แน่ๆ จุดประกาย ที่ทำให้ตัวผมเองได้เห็นมุมมองที่แตกต่าง และไม่ยึดติดว่าหลอดเบอร์นี้ต้องใช้กับงานประเภทนี้เท่านั้น ซึ่งจริงๆ แล้วหลอดทุกหลอดที่ทำงานในย่านความถี่วิทยุ และงาน Audio เราจับมันมาร้องเพลงได้ทุกหลอด ถ้า Filament ไม่ขาดชะก่อน อธิธิธิ

ว่าด้วยเรื่องการออกแบบ๐๐๐๐

เมื่อพูดถึงหลอดปรีแอมป์ เรามักจะนึกถึงหลอดพวก 12AX7, 12AT7, 12AU7, 6SN7 ซึ่งเป็นกลุ่มหลอด Twin Triode หรือกลุ่มที่เป็น Single Triode เช่น WE417A ซึ่งราคาก็โหดเอาเรื่องเลยทีเดียวครับ ทั้งๆ ที่หลอดที่เราจะเอามาทำปรีแอมป์มีออกจะเยอะแยะ ผมจึงกำหนด Conceptual Design โดยจะใช้หลอดประเภท Indirectly Heat Triode เหตุผลเพราะต้องการลดจำนวนอุปกรณ์ให้น้อยขึ้น ออกแบบง่าย หาอุปกรณ์ประกอบได้สะดวก จึงมาลงตัวที่หลอดเบอร์ 27 ครับ

มาเริ่มกันเลยดีกว่าครับ สำหรับหลอดเบอร์ 27 Indirectly Heat Triode เป็นเบอร์ที่ค่อนข้างหายากในบ้านเรา แต่คิดว่าพอหาได้ครับถ้าโชคดี เป็นหลอดที่มีเกนขยายดีทีเดียวครับ ประมาณ 9 เท่า ($\mu = 9$) มีทั้งรูปแบบทรง ST และทรง Globe ที่นำมาฉายละเอียดทางไฟฟ้าของหลอดกัน



หน้าตา # 27 Globe Mesh Plate ครับ

#27 Specifications :

Heater / Filament voltage (AC or DC)	2.5V
Heater / Filament Current	1.75A
Plate voltage maximum	275V

ตัวเลขกลุ่มนี้สำคัญนะครับ หลอดจะอยู่กับเรานานหรือป่าว จุดนี้ต้องพิจารณาเป็นพิเศษ **ผมขอเน้นนะครับ สำคัญมากครับ** ควรพยายาม Download Datasheet มาเก็บไว้ศึกษาข้อมูลหลอดก่อนใช้งานนะครับ เป็นประโยชน์สำหรับเรา



ส่วนอันนี้เป็น ST Shape

มาว่าด้วยเรื่อง Load line กันต่อครับ ผมต้องการให้วงจรทำงานที่ประมาณ 55% ของค่าสูงสุด เพื่อไม่ให้หลอดทำงานหนักจนเกินไป นั่นคือผมเลือกจุดการทำงานที่แรงดันที่ Plate มีค่าเป็น $275 \times 0.55 = 151.25\text{VDC}$ ผมปัดให้เป็น 150VDC จากนั้นลากเส้นตั้งฉากของ Load line ที่ $V_p = 150\text{VDC}$ จนสุดกราฟ มามองที่จุดตัดกราฟ ผมให้จุดตัดเส้นกราฟที่แรงดันที่กริด (V_g , Bias) มีค่าเป็น -9.0V ตรงจุดนี้เป็นจุด Bias ที่ผมเลือกใช้ งาน เหตุเพราะว่าผมต้องการจัดวงจรเป็นแบบ Fix bias ประกอบกับ Battery 9V หาซื้อได้ง่ายและสะดวกเลยเข้ากันได้พอดีบอดี้ ต่อไปมาคำนวณหาค่าตัวประกอบต่างๆ ในวงจรกันครับ เริ่มต้นที่ R_p (Plate Resistance) หาได้จาก

$$\Delta V_p / \Delta I_p = (185.0 - 150.0) / (0.010 - 0.006) = 8750.0$$

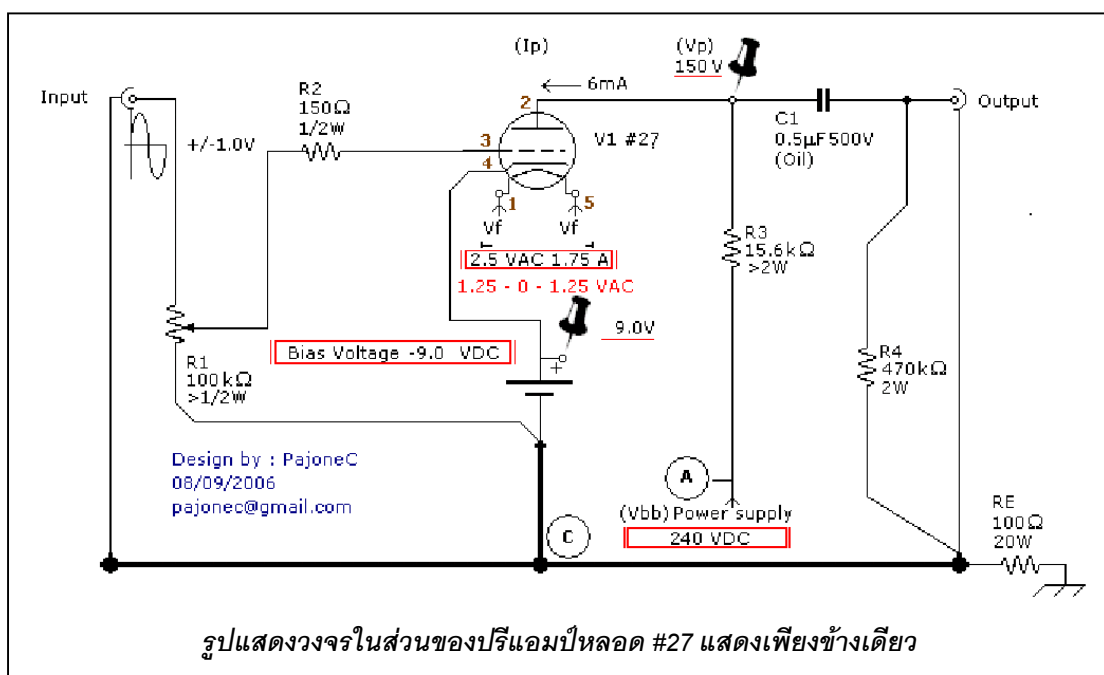
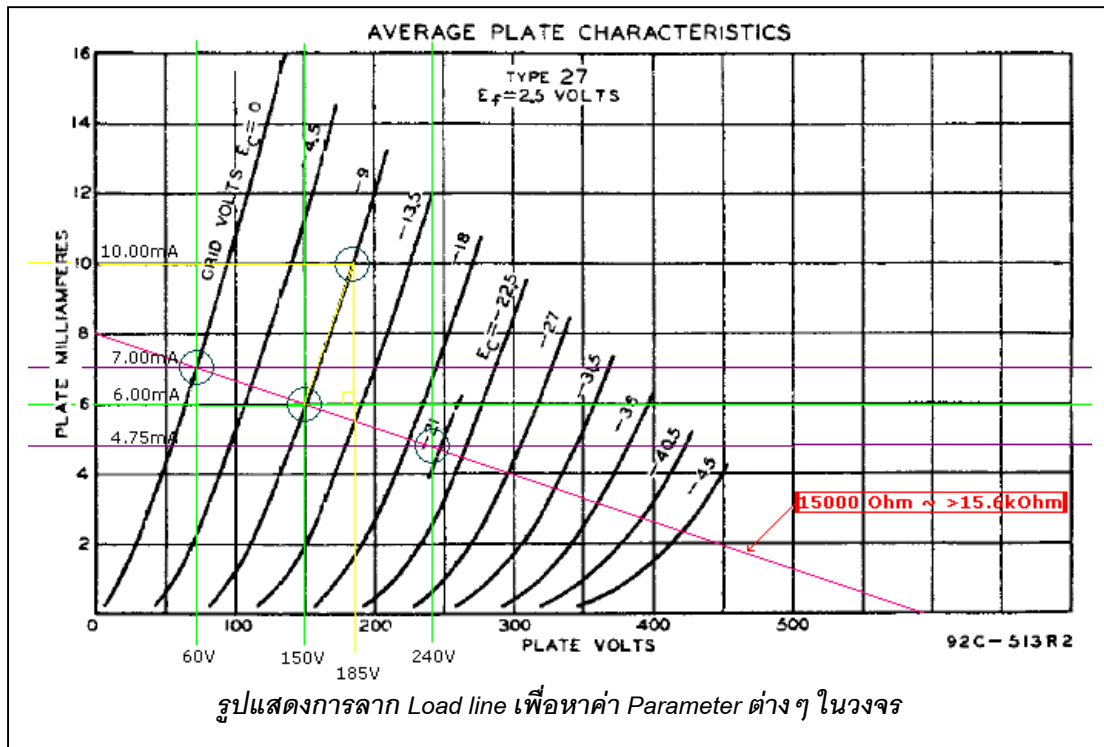
ผมปัดให้เป็น 9000 Ohm จากกราฟดูที่สามเหลี่ยมมุมฉากสี่เหลี่ยม มาพิจารณาในส่วนของ R_L (Load Resistance) เส้นสีชมพู อีอีอี สีหวานไหมครับ ผมให้แรงดัน Supply เป็น 240VDC เราคำนวณหา R_L ได้จาก

$$V_{bb} - V_p / I_{pq} = (240 - 150) / (0.006) = 15000 \Omega$$

$$-(V_{gq}) / I_{pq} = -(-9.0) / 0.006 = 1500 \Omega$$

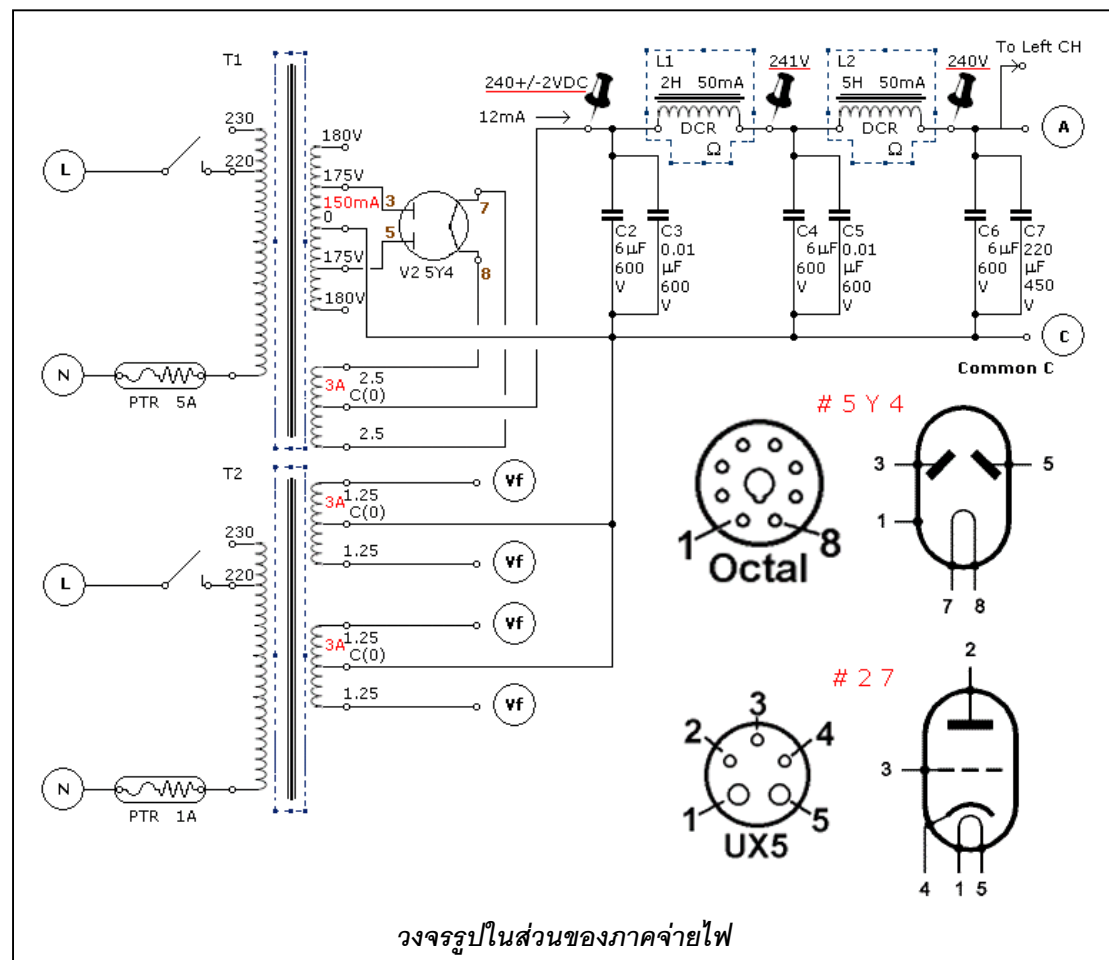
เมื่อกระแสเพลท I_{pq} ที่จุด Quiescent เราได้ R_L เท่ากับ 15000Ω ผมปัดเป็น $15.6k\Omega$ ซึ่งพอหาได้ในบ้านเรา มาคำนวณหา Cathode Resistance สำหรับวงจรที่ใครจะลองต่อ Resistor เป็นวงจรแบบ Auto bias ครั้น หาได้จาก

ก็ประมาณ $1.56k\Omega$ เมื่อ V_{gq} คือแรงดันกริดที่จุด Quiescent เราจะได้ค่าต่างๆ ในวงจรทั้งหมดแล้วครับสำหรับวงจร Fix bias จากค่าทั้งหมดผมได้วงจรตามรูปครับ



ค่าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณ บางค่านั้น เราไม่สามารถหาได้ในท้องตลาด เราจึงจำเป็นต้องใช้ค่าใกล้เคียง สิ่งที่เราควรระวังในการเลือก ถ้าค่าที่เราต้องการไม่มี ควรเลือกค่าสูงไว้ก่อนนะครับ แต่อย่าสูงมาก ไม่งั้นจุดการทำงานจะเปลี่ยนไปมาก มาดูภาคจ่ายไฟต่อครับ ภาคจ่ายไฟผมแยกเป็นสามส่วนใหญ่ๆ ประกอบด้วย ชุดจ่ายไฟให้กับวงจรปริแอมป์ Vbb ผมต้องการแรงดัน 240VDC โดยเลือกใช้วงจร CLCLC ใช้หลอด 5Y4 รับหน้าที่หลักในส่วนนี้ จากวงจร จะเห็นว่าผมแยกหม้อแปลงภาคจ่ายไฟสำหรับวงจร กับภาคจ่ายไฟให้หลอดแยกออกจากกันนะครับ เพื่ออะไร อย่างน้อยก็ไม่แย่งกระแสกันใช้ครับ จากการทดลอง แรงดันไฟนิ่งเลยครับ ส่วนที่สองและสามสำหรับจุดให้หลอด และ Fix bias ข้อควรระวัง ที่อยากแนะนำสำหรับท่านที่ใช้หลอด Rectifier จากวงจรผมใช้หลอด 5Y4 (ถ้าใช้หลอดเบอร์อื่นเช็คนิตหนึ่งนะครับ

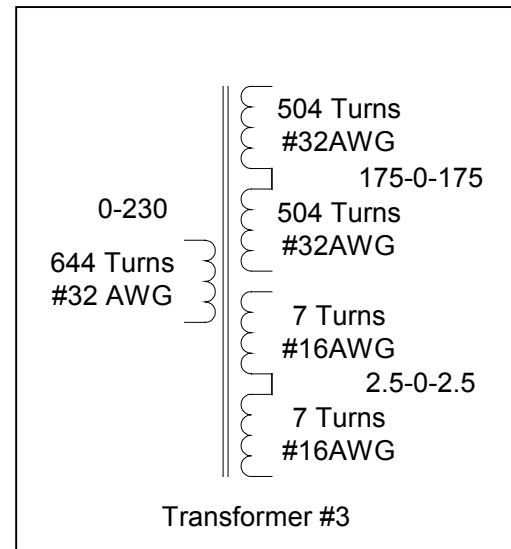
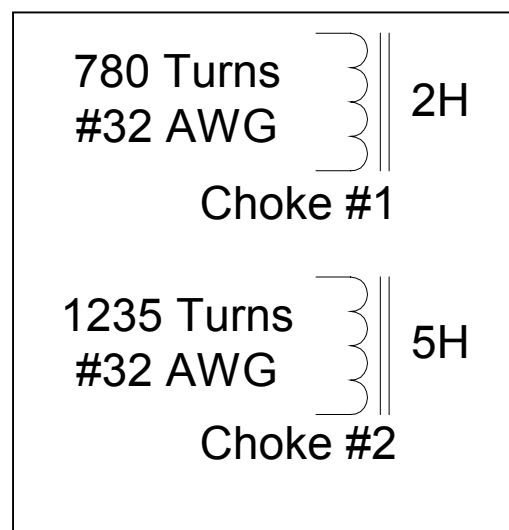
ว่า ตัวเก็บประจุตัวแรกค่าเกิน Spec หรือปาวนะครับ) ถ้าจะใช้ 5Y4 ตัวเก็บประจุตัวแรกค่าอย่าเกิน 10uF นะครับเดี๋ยวหลอดจะไปก่อนกำหนด ส่วนที่สองสำหรับจุดให้หลอด ผมพันหม้อแปลงแบบมี Center tap แล้วจึงต่อจุด Center tap ลง Ground ของวงจร ผลที่ได้วงจรเจียบสนิท (เจียบแต่ใช้งานได้นะครับ) ไม่มี Hum ครับ สำหรับส่วนสุดท้าย วงจร Fix bias ผมมีแนวความคิดว่าวงจรแบบ Auto bias มีโอกาสที่จุดการทำงานของวงจรจะเปลี่ยนไปค่อนข้างสูง ถ้าเราเลือกชนิดยี่ห้อของตัวเก็บประจุ Bypass ที่ไม่ดีพอ Fix bias จึงเป็นทางออกที่ดีที่สุด เพราะเราสามารถปรับเลือกจุด Bias ได้ง่าย หาจุดการทำงานที่ดีที่สุดของวงจรเราได้สะดวก แต่ ข้อเสียของ Fix bias คือมีโอกาสที่หลอดจะเสียหายได้ ถ้า แรงดัน Fix bias หายไป กระแสจะไหลผ่านหลอดสูงมากๆ จนใจหาย และอาจมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ออกมา 😞 😞 อันนี้ต้องระวังให้มากนะ



ครับ อีกจุดหนึ่งเรื่องการทดสอบ หาลำโพงราคา
ถูกๆ สักคู่สำหรับทดสอบการทำงานของวงจร
เพราะถ้าเกิดผิดพลาดทางเทคนิคจะได้ ไม่เครียด
○○○○○ ไม่เลิกทำปรีแอมป์อีกตัวอีกนะครับ

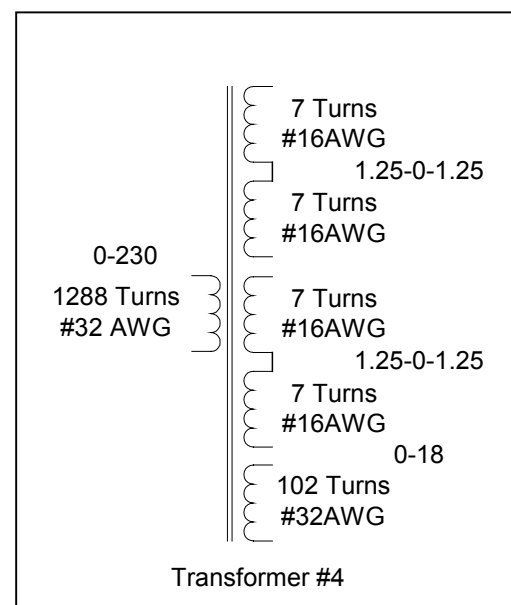
มาว่ากันต่อครับ ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่
พบเจอประจำคือ หม้อแปลงถ้าจางค์้าพันราคา
ก็แพงเหลือเกิน ลวดก็ขึ้นราคา แกนเหล็กก็ปรับขึ้น
แถมจางค์้าพันก็ค่าไม่ตรงผิดพลาดเยอะ เท่านั้น
ยังไม่พอ ตอนส่งมาแกนโดนกระแทกอีก เศร้าเลยครับ
วิธีที่ดีที่สุดและประหยัดเงินในกระเป๋า ถ้าพอมีเวลา
ก็พันหม้อแปลงเองดีกว่าครับ เนื่องจากหม้อแปลง
กับ Choke ที่ใช้ผมพันเอง ใครพอมีเวลารว่างลอง
พันดูนะครับ สนุกและมีอรรถมนต์ดี เริ่มต้นด้วย

1. Choke 2H ใช้แกน H23 ขนาด 25x35mm ใส่
แกนแบบปึก พันแกนด้วยลวดเบอร์ AWG32
65 รอบ 12 ชั้น (780 รอบ)
2. Choke 5H ใช้แกน H23 ขนาด 25x35mm ใส่
แกนแบบปึก พันแกนด้วยลวดเบอร์ AWG32
65 รอบ 19 ชั้น (1235 รอบ)
3. หม้อแปลง 0-230 / (0-175, 2.5-0-2.5) ใช้
แกน H23 ขนาด 32x60mm แบบสลับ EI
Primary 644 รอบ AWG32 ส่วน Secondary
พันด้วยลวดเบอร์ AWG32 504 รอบ สำหรับ
0-175 1 ชุด พันทั้งหมด 2 ชุดแล้วนำมาต่อ
อนุกรมกัน เพื่อให้ได้ 175-0-175 และใช้ลวด



เบอร์ AWG16 พัน 7 รอบ สำหรับ 0-2.5 พัน 2
ชุดเช่นกัน แล้วนำมาต่อกันให้ได้ Center Tap

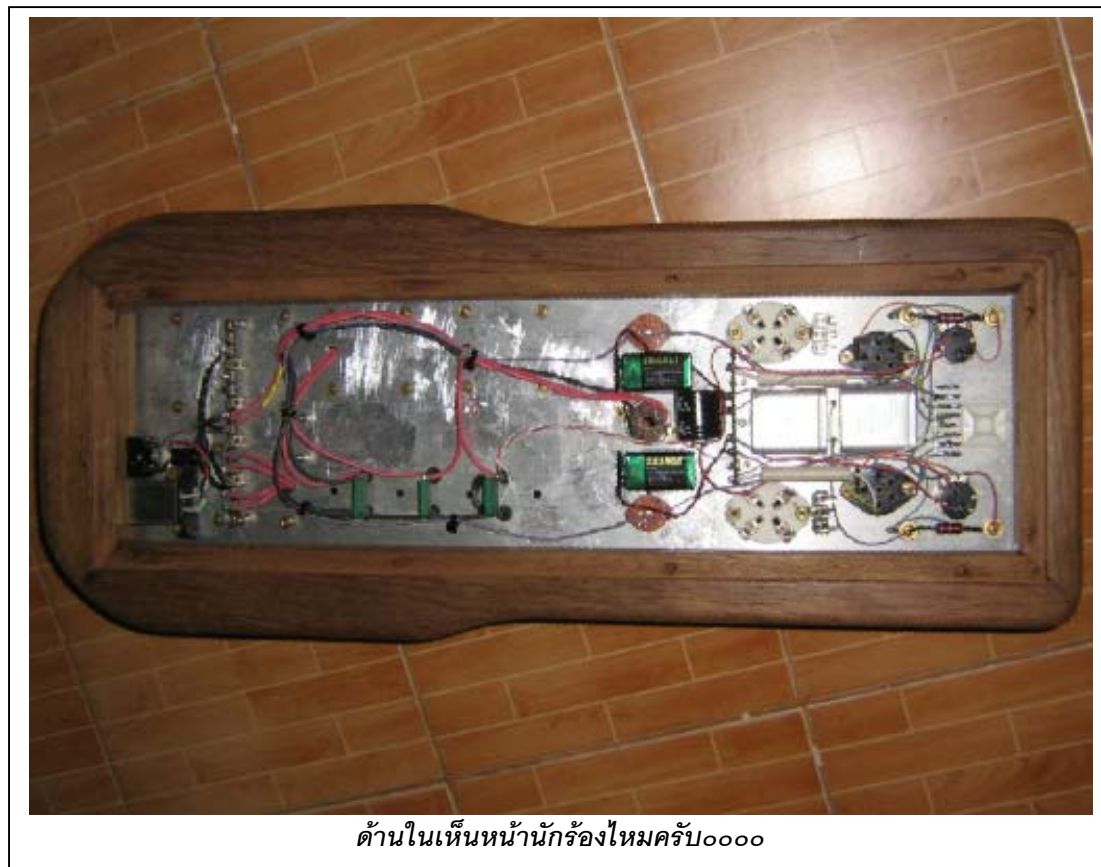
4. หม้อแปลง 0-230 / (1.25-0-1.25 x2, 0-18)
ใช้แกน H23 ขนาด 25x35mm ใส่แกนแบบ
สลับ EI Primary 1288 รอบ AWG32 ส่วน
Secondary พันด้วยลวดเบอร์ AWG32
จำนวน 102 รอบ สำหรับ 0-18 และลวดเบอร์
AWG16-19 จำนวน 7 รอบ สำหรับ 0-1.25 4
ชุด แล้วนำมาต่อกันให้ได้ Center Tap ควร
พันเรียงเส้นรองจนวนทุกชั้นด้วยนะครับ



ลวดที่จะใช้ควรจะทนความร้อนไม่ต่ำกว่า
180°C และใส่แกนให้แน่นๆ นะครับ หม้อแปลงจะ

ได้ไม่สิ้นเวลาใช้งาน ชูขวานิชด้วยก็จะดีเพื่อป้องกัน
ความชื้นแทรกเข้าไปในหม้อแปลง และอาจทำให้
อายุการใช้งานสั้นลงครับ

ไม่ว่าตั้งนาน สรุปเลยละกันนะครับ
หลอดกลุ่ม 2 Digit เป็นกลุ่มหลอดที่หาได้ค่อนข้าง
ยาก เป็นหลอดในกลุ่มที่น่าสะสม และหลอดกลุ่มนี้



ด้านในเห็นหน้ากรณ์กรังไหมครับ๐๐๐๐

ทดสอบการฟังดีกว่า๐๐๐๐

ตามความรู้สึกส่วนตัว ถ้าใครชอบฟัง
เพลงร้อง เพลงบรรเลง ชอบบรรยากาศการนั่งฟัง
แบบผ่อนคลาย ปลอดปล่อยความเหน็ดเหนื่อยจาก
การทำงานมาทั้งวันกับมูมสบายๆ ส่วนตัว และ
อยากได้รายละเอียดของซินคดนตรีหุยมหิม #27 ไซ
เลยครับ แต่ถ้าชอบเพลงหนักๆ Dynamic เยอะ
ประมาณหลังคาบ้านเปิดผะบๆ แล้วละก็ ผมไม่
แนะนำ และไม่เห็นด้วยที่จะเลือกใช้หลอดเบอร์นี้
ครับ แต่ก็พอมองเห็นกล่องญี่ปุ่นลูกท่วมหัวได้
สบายครับ อารมณ์ไม่กล้าเปิดดังเดี๋ยวกวักปาลัง
คาบ้านครับ 😊😊 ตอนนี้อยู่ที่ฟังและเปิดใช้
งาน คงต้องอาศัยระยะเวลาสักพักให้เข้าที่เข้าทาง
ก่อนครับ เสียงซินคดนตรีคงจับต้องได้มากกว่านี้

ต้องระวังเรื่องสัญญาณรบกวนค่อนข้างมาก แค่ว่า
เอามือมาใกล้ๆ หลอด ก็มีเสียงดังออกลำโพงแล้ว
เช่น 27, 26, 30 ถ้าคุณปรารถนาอยู่หมัด ไม่มี Hum
คุณจะได้ยินเสียงเพลงที่คุณสามารถนั่งฟังและจ้อง
มันได้ทั้งวันเลยทีเดียว ทำยที่สุด ผมคิดว่าส่วนหนึ่ง
ของบทความนี้ที่ผมพยายามสื่อ จะเป็นประโยชน์
ไม่มากนักน้อย ด้วยความนับถือน้ำใจกลุ่ม DIY ที่
ช่วยเหลือแบ่งปันกัน แบบพี่แบบน้อง ขอเป็นอีก
หนึ่งแรงที่ร่วมผลักดัน DIY Journal กับมิตรภาพ
แห่งการแบ่งปัน ขอขอบคุณอีกครั้งครับ

จากน้องคนหนึ่งที่ได้เดินตามหลังพี่ๆ

😊😊 หนูมครับ

pajonec@gmail.com

WUชอบหลอดที่วัดรับ

ผู้เขียน : อภินันท์ บุญทอง (มด)

สวัสดีครับทุกๆ คน ดีใจมากครับที่ได้มีโอกาสมาเขียนบทความลง DIY Journal อีกครั้งหนึ่ง และเห็นว่า YB2006 นี้จะเป็นฉบับสุดท้ายแล้วด้วย ก็รู้สึกเสียดายอยู่เหมือนกัน ที่จะไม่สามารถหาอ่านบทความที่ดีๆ อย่างนี้ได้อีก แต่ก็อีกใจหนึ่งก็สงสารคณะผู้จัดทำอยู่เหมือนกัน เพราะต้องเหนื่อย และทุ่มเทเวลาส่วนตัวเป็นอย่างมากเลย ผมเองในฐานะที่เป็นนักเขียน ก็พอจะเข้าใจในกระบวนการนี้เป็นอย่างดี ก็ขอเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำ และหวังว่าเมื่อมีโอกาส น่าจะกลับมาสร้างสรรค์ผลงานดีๆ เช่นนี้อีกต่อไปนะครับ

สำหรับเรื่องที่จะนำมาเสนอกับพวกเราในครั้งนี้ เห็นชื่อเรื่องแล้วไม่บอกก็คงเดาถูกว่า เป็นโครงการแอมป์หลอด ที่นำหลอดที่วิมาใช้นั่นเอง

แล้วทำไมผมถึงต้องบอกว่า ผมชอบหลอดที่วิละครับ เพราะจากที่ผมทำแอมป์หลอดมาหลายๆ เครื่อง พบว่าหลอดที่ผมสร้างแล้วมีปัญหา (เรื่องเสียง) น้อยที่สุด และให้เสียงที่ถูกหูสำหรับผมมากที่สุดก็คือหลอดที่วิครับ

นี่คงเป็นเพราะผมชอบฟังเพลงไม่เหมือนใครแน่ๆ เลย เพราะใครๆ ส่วนใหญ่มักจะจับที่หลอด DHT เก่าๆ สวยๆ เสียงดี ราคาแพง กันเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่เท่าที่ผมเคยสร้างมา หลอดพวกนี้ส่วนมาก มักจะมีจุดดี จุดเด่นในบางย่าน เช่น หลอด #45 หรือ 2A3 ที่ให้เสียงกลางที่เด่นจริง แต่อย่างอื่นผมก็ว่ามันไม่ค่อยโดนใจผมสักเท่าไร ไม่ว่าผมจะเปลี่ยนภาค Drive ไปที่ Topology หรือเปลี่ยนหลอด Drive ไปหลายๆ เบอร์ก็ตาม ก็ยังไม่สามารถจูนเสียงให้ตรงกับความชอบของผมได้

อย่างพวก 300B นี้ไม่ต้องมาคุยกับผมเลย ผมยอมทำแอมป์หลอดที่วิเล็กๆ สักเครื่องหนึ่ง



ผมว่าผมยังนั่งฟังมันได้นานกว่า 300B เลย คือผมว่าเสียงมัน Bright เกินไปสำหรับผมนะครับ ในชีวิตนี้ ผมเคยฟังแอมป์ 300B ที่เสียงถูกใจผมจริงๆ แต่เครื่องเดียวจริงๆ แต่งบประมาณสร้างน่าจะร่วมสองแสนบาทครับ

แล้วเสียงของหลอดที่วิมันเป็นอย่างไรละ ผมถึงได้ชอบนักชอบหนา อย่างแรกเลยคือ ผมว่าเสียงมัน Smooth และมี Tonal Balance ที่ผมชอบแบบไม่ต้องแต่งไม่ต้องแถมในวงจรอะไรมากมาย

ที่เขียนมานี้ มิได้บอกว่าหลอด DHT เสียงไม่ดีนะครับ แต่ผมว่ามันต้องมีการ Fine Tune ค่อนข้างมาก ถึงจะได้เสียงที่ถูกหู (ผม)

หลอดที่วิที่เห็นกันในบ้านเรา ผมแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทด้วยกันคือ

1. หลอด Compactron คือในหลอดเดียวกัน จะมีกลุ่มของหลอด 2 ชนิด โดยอาจเป็น Small Signal Triode/Power Triode (ST/PT), Small Signal Triode/Power Pentode (ST/PP) หรือ Small Signal Pentode/Power Pentode (SP/PP)
2. หลอด Horizontal Output หรือภาษาช่างทั่วๆ ไป มักเรียกกันว่าหลอด Hor Out

นั่นเอง พวกนี้จะเป็นหลอด Power Pentode ซะเป็นส่วนมาก ซึ่งพวกนี้จะหาได้ไม่ยากในบ้านเรา ในร้านซ่อมใหญ่ๆ ตามต่างจังหวัดยังมีให้เห็นอีกมาก

หลอดในดวงใจ

แล้วมีหลอดอะไรบ้างล่ะที่ผมชอบ มาว่ากันทีละเบอร์เลยดีกว่าครับ

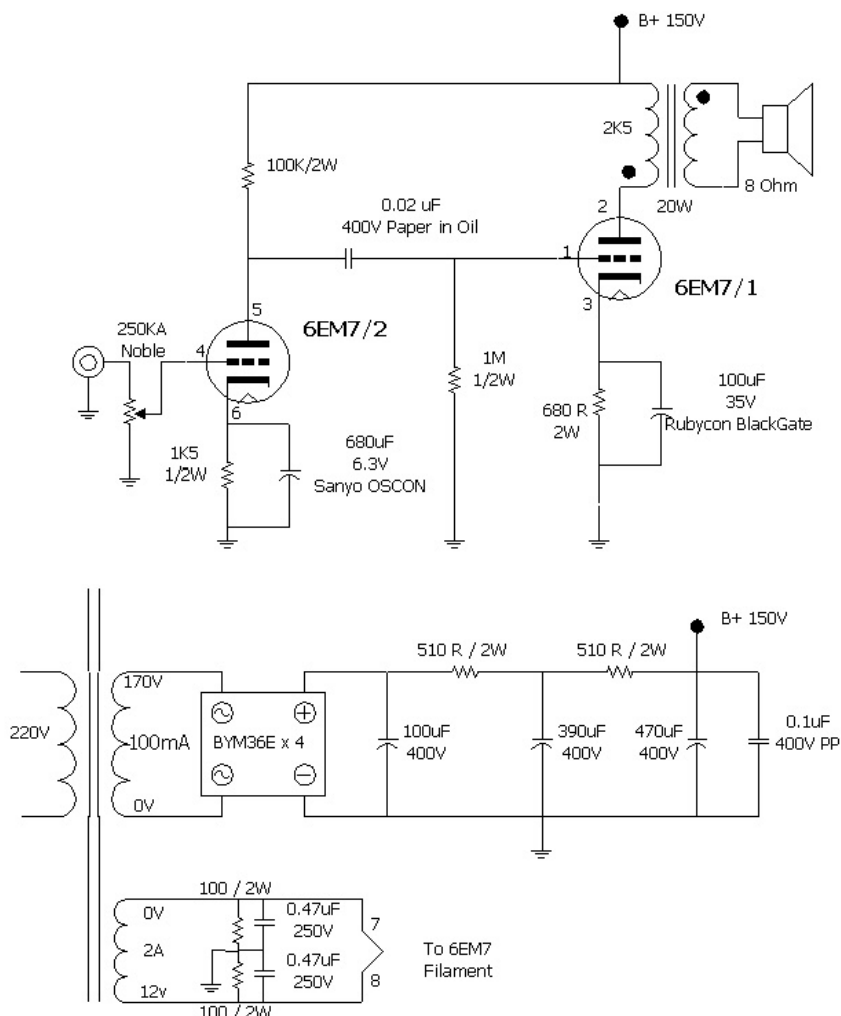
1. 6EM7

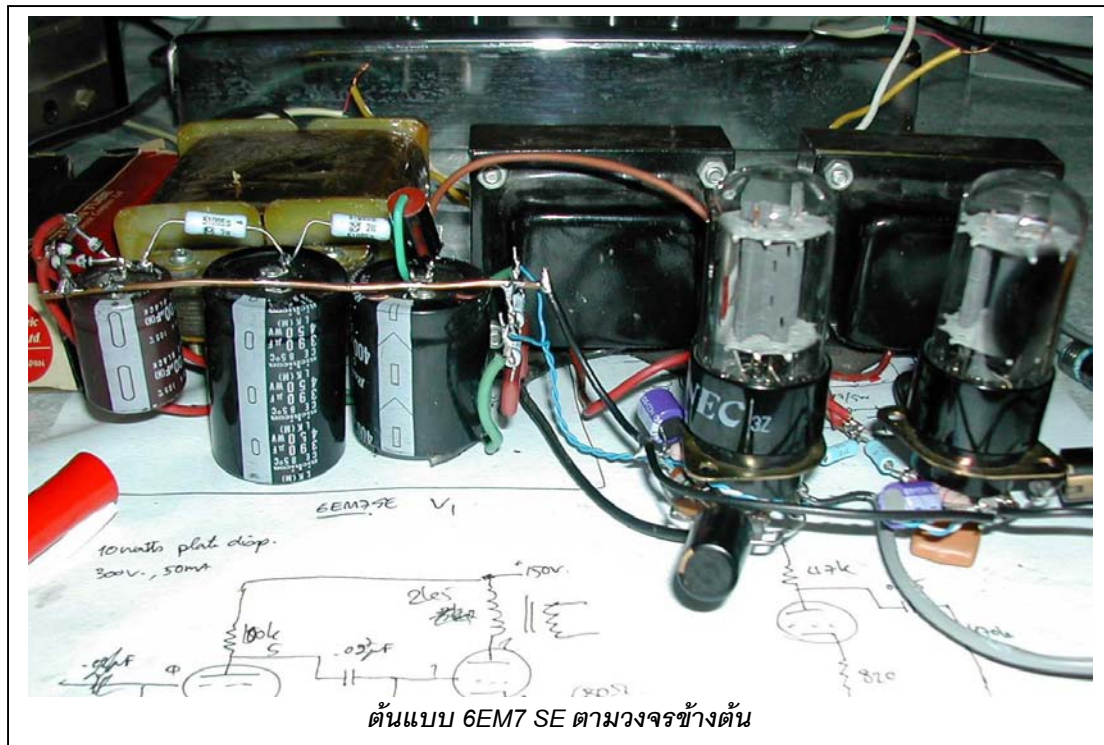
เป็นหลอด ST/PT หลอดเบอร์นี้ นัก DIY หลายๆ คนคงเคยผ่านมือมาบ้างแล้ว สเปคทางไฟฟ้าใกล้เคียงกับหลอด 6SN7 + 2A3 ประมาณนั้นเลย เพียงแต่ว่า Plate Dissipation ต่างกัน กำลังวัตต์มันเลยไม่เท่ากัน หลอดเบอร์นี้ตอนผมต่อฟัง



NEC 6EM7

6EM7 Single Ended Amplifier Schematic





ครั้งแรก ต้องบอกว่าตะลึงครับ ขนาดใช้ C Coupling แบบ Mylar ธรรมดาๆ ก็ให้เสียงที่ไม่ธรรมดาได้เหมือนกัน ขนาดหลอดยี่ห้อ NEC ธรรมดา ผมว่ามันให้เสียงที่ดีกว่า (สำหรับผม) หลอด 2A3 รัสเซีย หรือจีนแดงบางยี่ห้อด้วยซ้ำไป

บางคนเอาหลอดเบอร์นี้ มาใช้เป็นภาค Drive สำหรับหลอดเอทพุทกำลังสูงๆ เช่นพวก 845 หรือ SV811 ก็ใช้ได้ดีครับ

2. 6DN7



หลอดเบอร์นี้ เป็นหลอดประเภทเดียวกับ 6EM7 น้ำเสียงคล้ายๆ กัน แต่ผมว่า 6DN7 จะฟังคลื่นสูงกว่าเล็กน้อยครับ วงจรที่ผมใช้ ผมใช้แบบเดียวกับ 6EM7 นั้นแหละครับ เลยขออนุญาตไม่วาดซ้ำก็แล้วกัน

3. 6EW7, 20EW7

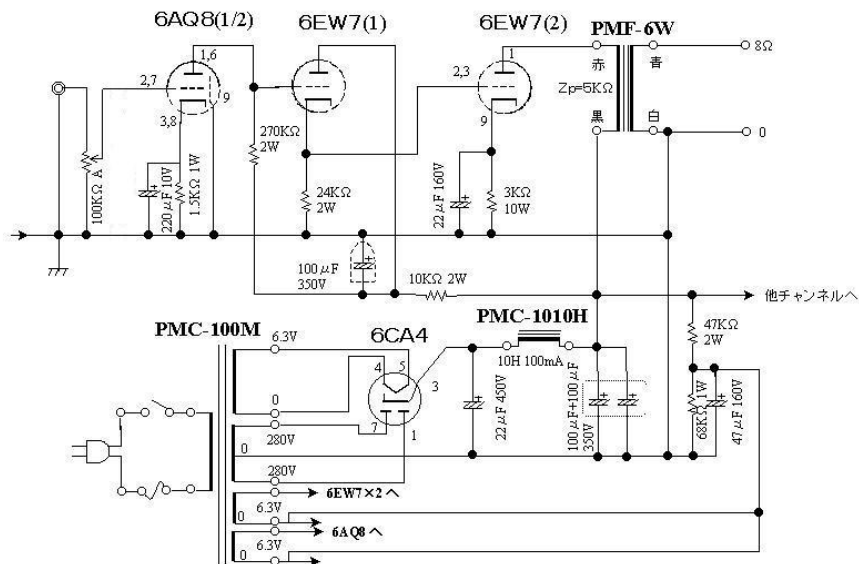


เป็นหลอด ST/PT เหมือนสองหลอดข้างต้น น้ำเสียงคล้ายๆ กัน แต่เจ้า 6EW7 เสียงจะออกสดกว่าเล็กน้อย ผมเคยจับมันมาทำเป็น SE ต่อ

ตามวงจรข้างล่าง เสียงดีใช้เล่น ลองเอาวงจรไปดู
เป็นแนวทางก็ได้เนาะครับ

Socket เลยต้องดองเก็บไว้นานหน่อย พอมีเพื่อน
นักเล่นท่านหนึ่งได้อุ่นุเคราะห์ Socket 12 ขามาให้

6EW7 シングル 回路図



Kairo's 6EW7 SE

4. 6DE7, 10DE7

เบอร์นี้เป็นหลอด ST/PT อีกเช่นกัน เสียงคล้ายๆ 6EW7 เอามากๆ แต่จะออกในแนวสดกว่าเล็กน้อย ผมใช้วงจรเดียวกับ 6EW7 นั้นแหละ จับเปลี่ยน Socket แค่นั้นเองก็ฟังได้แล้ว

5. 6JZ8

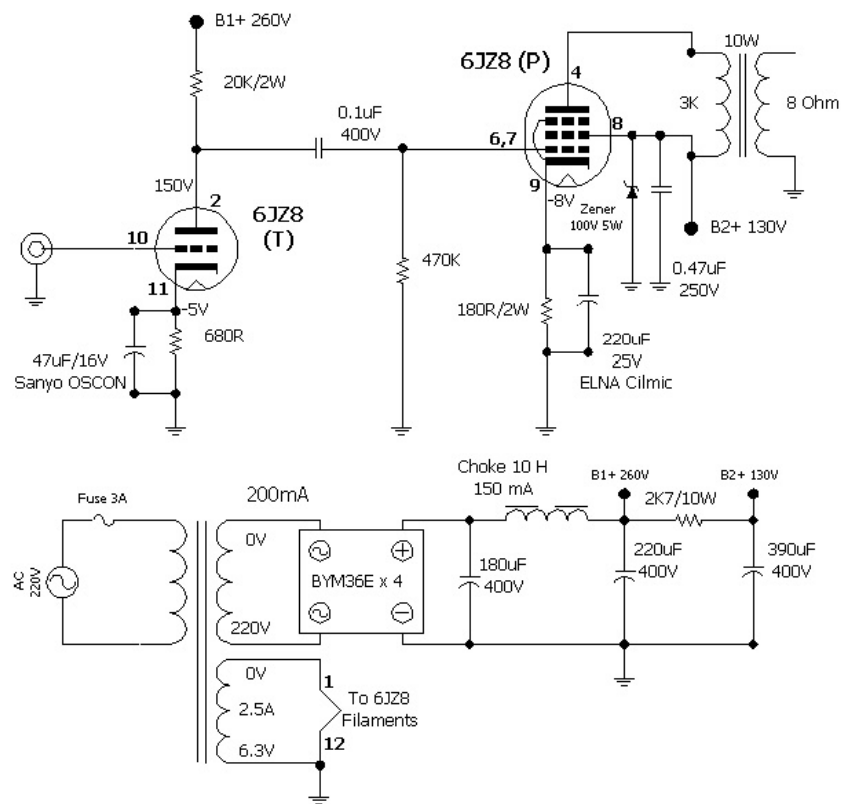
เบอร์นี้ผมเคยเขียนลงหนังสือ และเคยนำไปเป็นตัวอย่าง ในการออกแบบแอมป์หลอดอย่างง่ายๆ ในงาน Meeting ของ HTG2 (www.htg2.net) ครั้งล่าสุด เป็นหลอด ST/PP ขนาดเล็กๆ อ้วนๆ 12 ขา น่ารักน่าชัง ที่แรกก็ไม่ได้คิด หรือคาดหวังอะไรมากกับหลอดเบอร์นี้ เนื่องจากผมซื้อเก็บไว้นานมากแล้ว สมัยยุคเลหลังหลอดในบ้านหม้อ ในราคาหลอดละ 30 บาท แต่ผมไม่มี



GE 6JZ8

ผมจำนวนหนึ่ง เลยคิดที่จะลองทำดู พอต่อเสร็จ ก็ต้องบอกว่า ตะลึงกับเสียงที่ได้ยินตอนนั้นมาก

6JZ8 Single End Amplifier Schematic



ต้นแบบ 6JZ8 SE ตามวงจรข้างต้น

เสียงมันใหญ่เกินตัว เกินกว่าขนาดของหลอดที่ดูเล็กๆ ไม่น่าจะมีพิษสงอะไร แนวเสียงใกล้เคียงกับพวก EL34 หรือ 6L6 Single Ended เลยทีเดียว แต่ที่ดีกว่าคือ เสียงเบสที่สะอาดกว่า หัวเบสกระชับ และเป็นโน้ตชัดกว่า เลยกลับไปดูโครงสร้างหลอด พบว่าเจ้าเพลทของ Triode นั้น มันมีขนาดใหญ่พอตัว ถ้านับพื้นที่ น่าจะใหญ่กว่าพวก 12AX7 ประมาณ 2-3 เท่าตัวเลยทีเดียว ซึ่งน่าจะเป็นจุดเด่นของหลอด Compactron เบอร์นี้เลยก็ว่าได้

6. 6BQ6/6CU6



หลอดเบอร์นี้เป็นหลอด Hor Out ขนาดประมาณหลอด 6V6 แต่มีหัวจุกเล็กๆ แต่เพลทโครงสร้างภายในแข็งแรงมากๆ ดูแล้วน่าเกรงขามกว่าพวก EL34 พอสมควร หลอดเบอร์นี้ได้มาจากรั้งเมื่อหลอด GE กรุแตกเมื่อประมาณปลายปี 49 ที่ผ่านมา ผมเลยลองจับมันมาทำ SE Amp เล็กๆ เล่น แต่เอาเข้าจริงๆ ตอนฟังเสียงนั้น ต้องบอกได้เลยว่าไม่ธรรมดา ไม่เป็นรองพวก EL34, 6L6 เลย แม้แต่น้อย วงจรผมจะใช้หลอด 12DT8 เป็นหลอด Drive หลอดเบอร์นี้ มีสเปคทางไฟฟ้าเดียวกันกับหลอด 12AT7 เลย เพียงแต่ว่าไม่สามารถจุดใส่หลอดด้วยไฟ 6.3V ได้เท่านั้นเอง ที่จริงหลอด 12DT8 เอง ก็ถูกใช้ในงานทีวีเช่นเดียวกัน ไหนๆ จะใช้หลอดทีวีแล้ว ก็ใช้มันทั้งหมด ทั้งหน้าและหลังไปเลยละกัน

7. 25E5/PL36



หลอด Hor Out ที่น่าสนใจอีกหลอดหนึ่งครับ ถ้าใครหา EL34 ไม่ได้ ผมแนะนำให้ใช้หลอดเบอร์นี้แทนครับ เสียงอาจจะออกมาในโทนอุ่นๆ กว่า EL34 บ้าง เหมาะกับคนที่ชอบฟังเสียง Soft วงจรใช้วงจรของ EL34 ได้เลยครับ อาจจะปรับไบอัสให้เหมาะสมกับความต้องการของคุณเองก็ได้ครับ

8. 21KQ6



Matsushita 21KQ6

หลอดเบอร์นี้ ผมเพิ่งไปได้มาที่บ้าน หม้อเมื่อประมาณเดือนที่แล้วนี้เอง หลอดละไม่ถึง 100 บาทเอง โครงสร้างใกล้เคียงหลอด 25E5 เขา มากๆ เป็นเบอร์ที่ผมยังไม่เคยลองต่อฟัง แต่คิดว่า คงไม่น่าจะแตกต่างกันมาก ที่ลำบากหน่อยคือขา หลอดเป็นแบบ Magnoval 9 ขาใหญ่ ที่หาดีๆ ได้ ยาก แต่เห็นช่วงนี้มีหลายร้านนำเข้ามาขายเป็นของ จีน ราคาไม่แพง คาดว่าคงจะมีโปรเจกต์ที่ใช้ขา หลอดแบบนี้ออกมาให้เห็นกันพอสมควรละครับ

9. PL500



RFT PL500

หลอดเบอร์นี้ คงไม่ต้องบรรยายสรรพคุณ กันมาก เนื่องจากได้เคยเป็น Local Product ใน บ้านเราออกมาอยู่พักหนึ่ง น้ำเสียงออกมาก็ใช้ได้ดี

ระดับหนึ่ง แต่ปัญหาของหลอดเบอร์นี้ในบ้านเรา เท่าที่ผมเคยเจอคือ สเปคหลอดแต่ละหลอดค่อนข้างแตกต่างกันมาก เนื่องจากมันถูกออกแบบมาให้เป็นหลอด Hor Out ที่ไม่ได้เน้นเรื่องของการ Matching ซ้าย-ขวา ทำให้ค่อนข้างมีปัญหาในเรื่อง การไบอัสแบบ Auto Bias

10. 12B4A



GE 12B4A

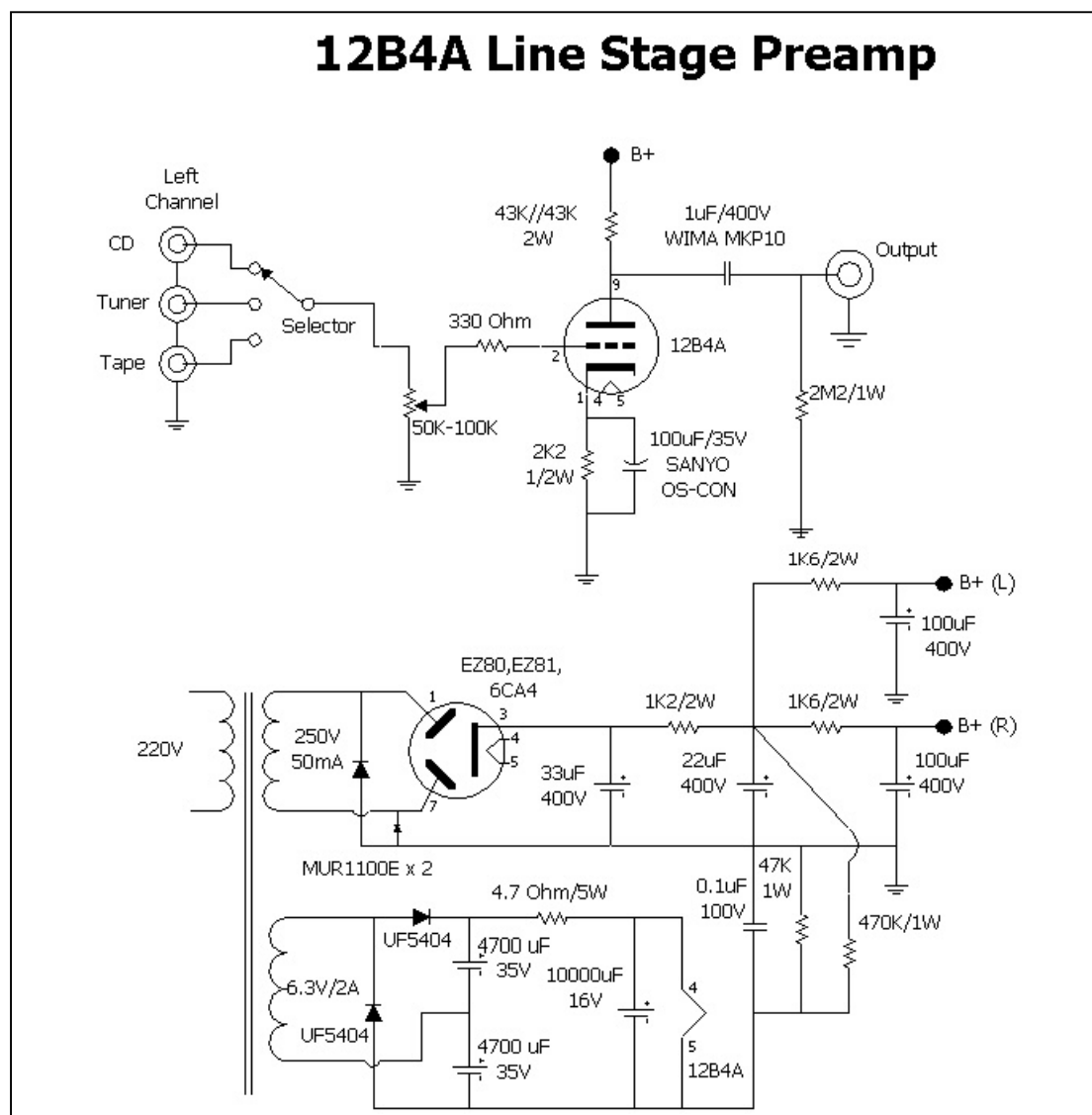
หลอดทีวีเบอร์นี้ เดิมทีจัดอยู่ในภาค Video Amp พบมากใน Oscilloscope หลอดรุ่นเก่าๆ ข้อดีของหลอดเบอร์นี้คือมี Plate Resistance ที่ต่ำพอๆ กับหลอด 2A3 ทำให้สามารถนำไปทำ แอมป์ SE ขนาดประมาณ 1.5 วัตต์ได้ หรือถ้าจะไป ทำปรีแอมป์ คุณก็จะได้ปรีแอมป์ที่มี Output Impedance ต่ำ โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งวงจรพวก



ต้นแบบ 12B4A Pre-amp

ปรักกายผู้ทีอยากเล่นแอมป์หลอด แต่มีทุนทรัพย์
 จำกัดได้บ้าง และขอบอกว่าถ้าคุณไม่ใช่เรียสเรีง
 ความเป็นสุดยอด ในเรีงของเบอร์หลอดยอดนิยม
 ทั้งหลาย ไม่แนเหมือนกันว่าคุณอาจจะได้แอมป์
 หลอด บริหลอดดีๆ ในงบประมาณที่คาดไม่ถึงก็ได้
 และท้ายสุดทั้งหมดที่ผมผอมมานี้ เป็นแค่
 ความคิด และความชอบส่วนตัวของผมแต่เพียงผู้
 เดียว หากใครไปตอฟังแล้วไม่เป็นไปอย่างที่ผมไม้
 ผมไม้ขอรับผิดชอบใดๆ ทั้งสิ้น ถือว่า DIY เป็นเรีง
 ส่วนตัว และความชอบของแต่ละบุคคล ผมแค่นำ
 ประสบการณ์ และความรู้สึทของผมาแชร์ให้อ่าน
 กันเท่านั้นครับ ขอให้ทุกคนสนุก และมีความสุขกับ
 การ DIY ครับ

12B4A Line Stage Preamp



F2a Push Pull Amp

MY DREAM OF

KLANGFILM

Author: Kriengsak Chawamatee



คนทุกคนย่อมมีความฝัน ผมเองก็มีความฝัน และความฝันของผมมีชื่อเป็นภาษาเยอรมันว่า

KLANGFILM

สวัสดีครับ พบกันอีกครั้ง หลังจากเมื่อปีที่แล้วผมเขียนบทความลง DIY Journal Yearbook เป็นปีแรก แล้วได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีว่า มันเอาหลอดอะไรมาเล่นกันหว่า หาซื้อยากชะมัด ปีนี้มาอีกแล้วครับ จะเป็นอย่างไร ลองติดตามดูครับ

ที่มา

อย่างที่เกริ่นไว้ว่าปีที่แล้วผมเขียนบทความลง DIY Journal Yearbook โดยใช้หลอดทางยุโรป ซึ่งอาจจะหายากในบ้านเราสักเล็กน้อย R120 La Radiotechnique และหลอด EL156 Telefunken

ซึ่งได้ทำเป็นแอมป์ Single Ended ทั้ง 2 เบอร์ ในปีนี้เลยคิดอยากลองทำ Push Pull ดูบ้างโดยใช้หลอด F2a Siemens ที่ประมูลมาได้ ประกอบกับหลอด F2a นี้เป็นหลอดที่ Klangfilm ซึ่งเป็นตำนานของระบบเสียงในโรงภาพยนตร์ฝั่งเยอรมัน มีชื่อเสียงคู่กับ Western Electric ตำนานของฝั่งอเมริกัน ได้นำมาใช้ในแอมป์หลักของเขา และตั้งแต่ที่ผมได้ศึกษาหลอดและอุปกรณ์เครื่องเสียงแบบ Vintage ของเยอรมันไปได้ระยะหนึ่ง Klangfilm ก็เป็นที่ใฝ่ฝันของผมทั้งแอมป์และลำโพง เลยเป็นที่มาของแอมป์ตัวนี้ครับ “F2a Push Pull, My Dream of Klangfilm”



หลอดในกลุ่ม Post Tube บางส่วน

หลอด F2a เป็นหลอด Power Tetrode ของ Siemens ผลิตในช่วงปี 1950–1960 เดิมนั้นผลิตขึ้นมาใช้ในกิจการไปรษณีย์โทรเลขของเยอรมัน เป็นหลอดในกลุ่ม Post Tube โดยใช้ใน Telegraphic Amplifier ต่อมาได้มีการนำมาใช้ในงาน Audio โดย Klangfilm ซึ่งจะใช้หลอด F2a ใน Version ที่เป็น F2a11 (โดย Siemens ผลิตขึ้นในยี่ห้อ Klangfilm เบอร์ KL-73551) ใช้งานในแอมป์ยุคปี 1950s ของ Klangfilm Series Eurodyn แบบ Single Ended ในรุ่น KLV203, KLV204, KLV204a และแบบ Push Pull ในรุ่น KLV402, KLV403a เรียกว่าเป็นหลอดหลักของ Klangfilm เลยละครับ ก่อนที่ Klangfilm จะเปลี่ยนมาใช้หลอด EL84 ในรุ่นกำลังต่ำ และ EL34 ในรุ่นกำลังสูงในยุคต่อๆ มา นอกจากนี้แม้แต่ Telefunken เอง ยังนำหลอดเบอร์นี้ไปใช้กับแอมป์ของตนเองในรุ่น V69 และ V69a โดยแอมป์เหล่านี้จะถูกใช้ในโรงภาพยนตร์เป็นหลัก

เพื่อใช้งานร่วมกับลำโพงโรงหนังของ Klangfilm จึงคาดเดาได้ว่าหลอด F2a นั้นน่าจะเป็นหลอดที่นำมาใช้ในงานด้าน Audio ได้ดี



F2a Siemens & Halske

หลอด F2a นั้นเมื่อนำมาใช้ในงาน Audio จะได้กำลังขับเต็มที่ประมาณ 30W สำหรับ Push Pull และ 7W สำหรับ Single Ended แต่จะนิยมใช้ในงาน Push Pull มากกว่า โดยกรณี Klangfilm จะ



Klangfilm Eurodyn KLV402a ที่มาของโครงการนี้



Shindo Laboratory Sinhonia F2a



F2a11 (Klangfilm 73551)

ผลิตในรูปแบบ Push Pull เป็นแอมป์หลัก และ Single Ended เป็นแอมป์รองเท่านั้น โดยเท่าที่เห็น น่าจะมีอยู่ 3 รุ่น แตกต่างกันไปตามลักษณะ Socket ที่ใช้ แต่โครงสร้างภายในของหลอดเหมือนกันทั้งหมด คือ F2a ใช้ Socket เฉพาะของ F2a เอง (9 Pins) ส่วน F2a11 ใช้ Socket ยุโรปแบบ G8A (8 Pins) คล้ายที่ใช้กับ EL156 ซึ่งเป็น G10A (10 Pins)

และเป็นรุ่นที่ใช้กันในแอมป์ Klangfilm กับ Telefunken ตามที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว และสุดท้าย F2a34 ใช้ Socket แบบ Octal ธรรมดา เหมือน EL34 นั่นเอง แต่ค่อนข้างหายาก ไม่ค่อยได้เห็นใน eBay นึก (จะว่าไปแล้วเคยเห็นใน eBay แค่อันเดียวเองครับ) และผู้ผลิตก็เห็นจะมีแต่ Siemens

รายเดี่ยว และผลิตออกมาในนาม Siemens กับ Klangfilm เท่านั้น ยังไม่เห็นมียี่ห้ออื่นได้อีกเลย

ในปัจจุบันยังมีบางบริษัท นำหลอด F2a มาใช้ในการผลิตเป็นแอมป์ขาย ได้แก่ยี่ห้อ Shindo Laboratory รุ่น Sinhonia F2a (Monoblock Push Pull 40W) ซึ่งอาจไม่ค่อยได้เห็นนัก เพราะคงไม่มีขายทั่วไป เนื่องจาก Shindo Lab เป็นบริษัทเล็กๆ ที่ผลิตสินค้าให้กับลูกค้าเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

ได้แก่ EF12, EF12Spez. (Special) และ EF12k โดยมีผู้ผลิตหลายยี่ห้อเช่น Telefunken, Valvo, RFT และ Pope เป็นต้น

วงจร

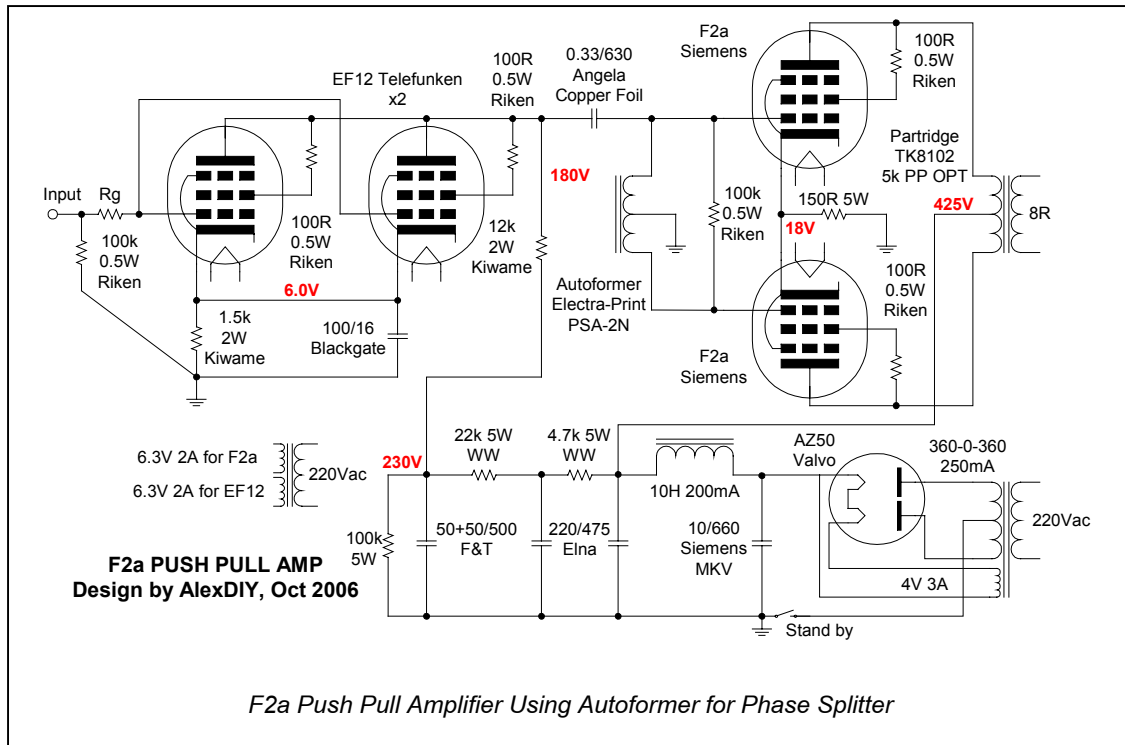
ในส่วนของวงจรมัน แรกเริ่มเดิมทีผมศึกษาวงจรจากแอมป์ Klangfilm รุ่น KLV402a และแอมป์ Telefunken รุ่น V69a ซึ่งเป็นแอมป์ Push



Telefunken EF12 Spez., EF12k, EF12

ในส่วนของหลอด Driver นั้น ผมตั้งใจจะใช้หลอด Telefunken EF12 ซึ่งเป็นหลอด Pentode ที่มีโครงสร้างเป็นหลอดเหล็ก ที่ใช้ Socket ชนิด G8A เหมือนกับ F2a11 และเช่นกัน หลอดนี้มีใช้อยู่ในแอมป์ Klangfilm และ Telefunken ในยุค 1950s โดย Klangfilm ในยุคแรกๆ จะใช้หลอด EF12k โดย k ย่อมาจาก "Klirrarm" ซึ่งหมายถึง Version Low Microphonics โดย Klangfilm มีหลอด EF12k ในรหัสของตนเองคือ KL-70716 ซึ่งต่อมาในระยะหลังๆ Klangfilm ได้เปลี่ยนมาใช้หลอด EF40, ECC40 และ ECC83 (12AX7) เป็นหลอด Driver แทน โดยหลอดในตระกูล EF12 นั้น จะมีอยู่ 3 รุ่น

Pull ที่ใช้หลอด F2a11 เป็นหลอด Output และมีหลอด EF12k เป็นหลอด Driver ทั้งคู่ แต่ส่วนที่แตกต่างคือ Klangfilm จะใช้หลอด EF12k ทำหน้าที่เป็น Phase Splitter แต่ Telefunken ใช้ Input Transformer เป็น Phase Splitter และ Klangfilm จะ Run ใน Triode Mode ส่วน Telefunken จะ Run ใน Tetrode Mode แต่เนื่องจากผมมีความชอบ Klangfilm เป็นทุนเดิมอยู่แล้ว จึงตั้งใจว่าจะลอกวงจรของแอมป์รุ่นดังกล่าวเลย แต่พอได้เห็นวงจรของมันจริงๆ ผมก็เกิดอาการใช้ขึ้น มันมีอุปกรณ์เยอะแยะเต็มไปหมด ยิ่งดูยิ่งงงครับ จึงเปลี่ยนใจว่าจะมาทาง Telefunken ดีกว่า ดูแล้วง่ายดี แต่ปัญหากลับมาอยู่ที่ Input Transformer เพราะหาที่ดีๆ ได้



ยากมาก ประกอบกับอาจเกิดความยุ่งยากในการ Matching กับ Output ของ Pre Amp ที่ใช้อยู่ ดังนั้น ผมจึงคิดว่าจะออกแบบธรรมดา ใช้หลอด EF12 เป็น Input หนึ่งหลอด และ Phase Splitter อีกหนึ่งหลอด ซึ่งยังคง Concept ของ Klangfilm ไว้ได้ด้วย

แต่ในที่สุด เมื่อผมได้พูดคุยปรึกษา กับ คุณสมฤณ เรื่องหม้อแปลงและวงจรของแอมป์ Push Pull ตัวนี้ คุณสมฤณได้เอ่ยถึงหม้อแปลง Autoformer รุ่น PSA-2N ของ Electra Print (EP) ว่าได้เคยใช้เป็น Phase Splitter ของวงจร Push Pull แล้วได้ผลดี ผมจึงอยากทดลองทำดูบ้าง ว่าจะได้ผลเป็นอย่างไร โดยวงจรของโครงการนี้ ผมใช้ตามตัวอย่างใน Website ของ EP เลย เพียงแต่เปลี่ยนหลอด Driver จาก 6J6 มาเป็น EF12 และหลอด Output จาก EL84 มาเป็น F2a ดังนั้นหากใครจะนำเฉพาะโครงสร้างวงจรไปใช้งาน ก็สามารถใช้กับหลอดอื่นๆ ได้ โดยเฉพาะหลอด EL34 ก็น่าจะใช้งานได้ดี เพียงแต่หากจะใช้หลอดแปลกๆ หน่อย ก็อาจต้องปรึกษา คุณสมฤณหรือดูรายละเอียดจาก Website ของ EP ดูเพิ่มเติมอีกทีครับ เพราะ Autoformer เองมีสองรุ่น

คือรุ่นที่ใช้แกนเหล็กธรรมดา กับ แกน Nickel ซึ่ง Application ที่ใช้งานนั้น จะแตกต่างกันออกไปเล็กน้อยครับ

ในส่วนวงจร หากสังเกตดูจะเห็นว่าง่ายมาก มีหลอด EF12 เป็นหลอด Driver ที่ออกแบบให้ทำงานแบบ Triode Mode ขนานกัน 2 หลอด (เนื่องจากผมอยากทดลองการใช้หลอดเป็น Phase Splitter ในอนาคตด้วย จึงออกแบบให้มีหลอด Driver เป็น 2 หลอดไว้ก่อน เพื่อจะได้ไม่ต้องเจาะแท่นเพิ่มภายหลัง ตอนนี้อย่าจับเอาขานานกันไว้ก่อน โดยจริงๆ แล้วการใช้ Autoformer จะใช้หลอด Driver เพียงหลอดเดียว) ผมออกแบบให้ EF12 Run กระแส 2.0mA ที่ V_p ประมาณ 180V แล้วผ่านเข้า Autoformer ทำการ Split Phase ของสัญญาณออกเป็น 2 ซีกเข้าไปที่หลอด Output F2a ที่ออกแบบให้ทำงานแบบ Triode Mode ที่กระแส 60mA และ V_p ประมาณ 425V โดยใช้หม้อแปลง Output ที่ 5k Plate to Plate จะสังเกตเห็นว่างจรมันเหมือน Single Ended มากๆ และการใช้ Autoformer นั้นเอง ก็คล้ายๆ การนำ Interstage มาทำหน้าที่เป็น

Phase Splitter เพียงแต่ Autoformer มีเพียงขดลวดเดียว (เหมือน Choke) ต่างกับ Interstage ซึ่งจะมีขดลวด 2 ชุด (ซึ่งในแง่เทคนิค หม้อแปลง Interstage ที่จะนำมาใช้เป็น Phase Splitter นั้น จะทำให้ได้ดี ไม่มีปัญหาเรื่องการเลื่อนของ Phase จะทำได้ยากมาก) ดูๆ แล้วน่าจะได้ผลค่อนข้างดี ซึ่งคงต้องพิสูจน์ในการใช้งานจริงหลังจากทำเสร็จแล้ว ดูอีกที

สำหรับภาคจ่ายไฟนั้น ผมใช้หลอด Rectify เบอร์ AZ50 แทนหลอด GZ34 ซึ่งใช้เป็นหลักในแอมป์ Klangfilm (เดิมรุ่นแรกๆ จะใช้ RGN2504 Mesh Plate) แต่เนื่องจาก GZ34 นั้นราคาค่อนข้างสูง ยิ่งถ้าเป็น RGN2504 Mesh Plate จะยิ่งแพงและหายากไปกันใหญ่ ผมจึงใช้ AZ50 ซึ่งมี Specification ใกล้เคียงกับ RGN4004 แต่ราคาถูกกว่ากันมากมาใช้แทน (จริงๆ แล้วผมอยากใช้หลอด Z2c Siemens มาเป็น Rectify มากกว่า เพราะหน้าตาเหมือน F2a เลย เพียงแต่หายากมาก เลยเลิกล้มความตั้งใจไป) การออกแบบก็ใช้เป็น CLC ธรรมดา เนื่องจากภาค Output เป็นวงจร Push Pull จึงไม่น่ามีปัญหาเรื่อง Hum มากนัก เพราะได้ประโยชน์จาก Cancellation ที่ OPT

ลงมือทำ

แอมป์โครงการนี้ เป็นโครงการที่ผมใช้เวลาในการทำนานที่สุด คือเป็นเวลานานถึง 1 ปี แต่เวลาส่วนใหญ่ที่หมดไปไม่ได้มาจากการทำหรือการ Tune เสียงนะครับ แต่เป็นเวลาที่ใช้ในการรวบรวมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ โดยเฉพาะ Socket ของ F2a นั้นหายากมาก ผมต้องใช้เวลานานถึง 8 เดือนในการตามหา Socket โดย Socket มีให้เลือกแค่ของ NOS กับ Yamamoto เท่านั้น (ของ Yamamoto นั้นหาซื้อได้เลยแต่ราคาแพงเกินไป ราคาตกอันละประมาณ 70

US\$) ตอนนั้นของที่ผลิตในจีนยังไม่ไหลเข้ามาใน eBay ครับ ซึ่งกว่าจะได้ Socket NOS มากี่เล็ดตาแทบกระเด็น นานๆ มันจะไหลมาใน eBay สักที หลังจากรอมานานมาก ผมจึงลองติดต่อไปที่ <http://www.ahrens-audio.de> ซึ่งต้องขอบอกเลยว่าเป็น Website ที่มีหลอดและอุปกรณ์ของหลอดเยอรมันเยอะมาก แต่ก็ เป็น Website ที่คุยรู้เรื่องยากมากเช่นกัน เพราะแกล้งไม่รับบัตรเครดิตต้องส่งเงินไปทางไปรษณีย์ และผมสั่งของไปนานเกือบ 3 เดือนแกถึงส่งมา ต้อง Mail ไปทวงหลายครั้ง แถมดันส่งมาผิดเป็น Socket G8A ที่ใช้กับ F2a11 ชะนี จะส่งคืนก็คงไม่คุ้ม เลยต้องขอซื้อเพิ่ม ตอน Mail ไปขอซื้อเพิ่ม ก็ยั่วว่าอย่าส่งมาผิดอีก ยังโดนต่อว่าอีกนะว่า เขาไม่ได้ตั้งใจโกนนะ เพราะ G8A แพงกว่า Socket ของ F2a อีก (แต่ผมจะเอา Socket ของ F2a นี่มา G8A มันใช้กับ F2a ได้ที่ไหนกัน??) สุดท้ายเสียเงินด้วย โดนด่าด้วย แล้วก็ต้องรอแบบใจตุ้มๆ ต่อมา ไปอีก 2 เดือนมันจึงมาจริงๆ ตอนที่ซื้อก็พอรู้ข่าวมาบ้างแล้วว่าเจ้านี้แกล้งเบี้ยวเพื่อนๆ มาแล้วด้วย แต่ผมไม่รู้จะทำยังไง มีเพียงแกที่มี Socket นี้ จึงต้องลองเสี่ยงเอา ถือว่าโชคดีที่ได้ Socket นี้มาสักที ส่วนอุปกรณ์อื่นที่เป็นหลัก ก็ได้มาจากการประมูลมาจาก eBay ตั้งแต่หลอด F2a Siemens, EF12 Telefunken และ AZ50 Valvo จนไปถึงหม้อแปลง Output 5k Push Pull ของ Partridge รุ่น TK8102 ส่วน C Coupling ของ Angela ขนาด 0.33uF กับ R บางส่วนของ Riken จาก <http://www.angela.com> นอกนั้นพวกหม้อแปลง Power กับ Choke ผมก็สั่งกันในเมืองไทย จากคุณสมชายเจ้าเก่าและ C Filter ในภาคจ่ายไฟก็ซื้อจากบ้านหม้อ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ก็หาซื้อเอจากร้านต่างๆ ในเมืองไทย



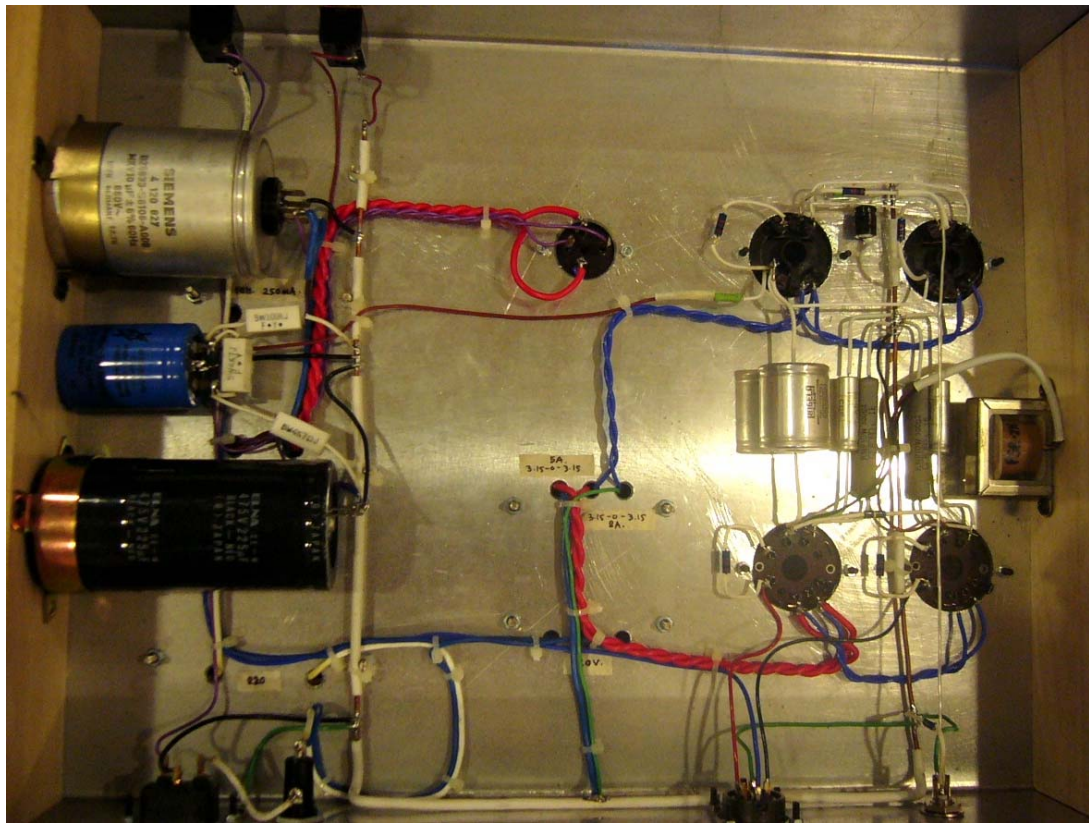
ในการทำแอมป์ครั้งนี้ ผมทำเป็น Monoblock แยกออกเป็น 2 แทน สำหรับในแต่ละ



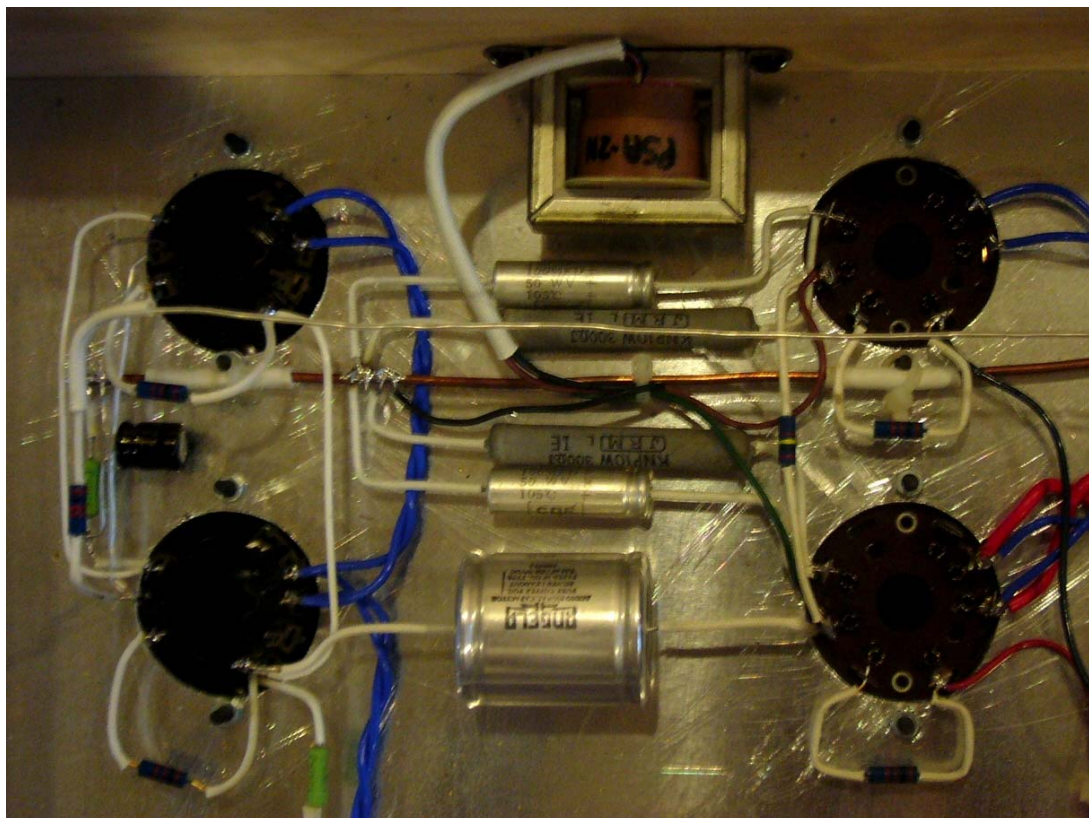
Channel โดยใช้แท่นอลูมิเนียมหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 13 x 18 นิ้วพ่นด้วยสีเทาเงินของ Rust-O-Lium โดยกะว่าด้านข้างจะประกบด้วยแผ่นไม้สวยๆ หน่อยก็น่าจะดูดีแล้วครับ แต่ตอนนี้ปิดด้วยไม้

ยางพาราเพื่อเป็นฐานไปก่อน ในส่วนของหม้อแปลง Output ผมทำแท่นแยกออกมาอีกที แล้วต่อเข้าแท่นแอมป์ชุดนี้โดยใช้ขั้วต่อเป็นมาตรฐาน (ที่ตั้งเองโดยผม) เพื่อในอนาคตหากผมทำแอมป์ Push Pull ตัวอื่นที่ใช้ Output เป็น 5k ได้ ผมก็นำมาต่อหม้อแปลงชุดนี้ได้เลย ทำให้เมื่อผมทำแอมป์เล่นหลายๆ ตัว ผมก็จะประหยัดค่าหม้อแปลง Output ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงไปได้มาก โดยครั้งนี้ผมใช้หม้อแปลง Output ของ Partridge รุ่น TK8201 ซึ่งเป็นหม้อแปลงชนิด Double C-Core Push Pull 5k ขนาด 50W ผลิตจากอังกฤษ ซึ่งค่อนข้างมีชื่อเสียงในอดีตและปัจจุบันก็เข้าใจว่าน่าจะยังมีผลิตขายกันอยู่ แต่อาจหาซื้อได้ยากหน่อย ในส่วนของการใช้งานก็ค่อนข้างยุ่งยากเล็กน้อย เพราะการเลือกต่อ Output ว่าจะใช้ Impedance ก็โห่หมัน มันต้องเอาขดลวด Secondary ซึ่งมี 4 ขด (แต่ละขดมี Impedance 1 โอห์ม) มาต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งผมได้ต่อเป็น 8 โอห์มตามมาตรฐานของลำโพงทั่วไป

เนื่องจากเป็นวงจรที่ค่อนข้างจะเรียบง่าย ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้มีน้อยชิ้นมาก แอมป์จึงดูโล่งๆ สะอาดตาดีครับ โดยหากดูชิ้นอุปกรณ์ได้แทนจะเห็นจุดหนึ่งซึ่งไม่ได้ใช้ตามวงจรที่ออกแบบคือ ในส่วนของ R Cathode ของหลอด Output ผมแยก R ชุดนี้ออกเป็นแต่ละหลอดไปเลย และยังใส่ C Cathode ขนาด 100uF 50V เข้าไปอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ยังเหลือที่ให้ติดตั้งหม้อแปลง Input หรือ Interstage เพื่อทดลองได้อีกอย่างสบายๆ ผมลงทุนใช้อุปกรณ์ที่มีเกรดค่อนข้างดีหน่อย (ไม่รู้หุตะกว่าอย่างผมจะฟังออกไหม) โดย R ทั้งหมดในทางเดินสัญญาณกะว่าจะใช้ R Riken ให้หมด แต่เนื่องจากผมยังอยู่ในช่วงทดสอบหาจุดทำงานที่เหมาะสมอยู่ อาจไม่ลงตัวนัก ดังนั้น R Cathode จึงยังใช้ Kiwame ไปก่อนเพราะหาได้ง่ายและถูกกว่า แต่ในอนาคตอาจใช้ R Riken แทนให้หมด หรือไม่ก็จะทดลอง R ของ Western Electric ดูว่าจะได้ผลดีไหม โดยจะใช้ในส่วน R



ภายในตู้แทนเครื่อง โลงๆ พิกล ดูแล้ววังเวงครับ



อุปกรณ์ในส่วนของการเดินสัญญาณ PSA-2N คือ Autoformer ที่ใช้เป็น Phase Splitter

Plate และ R Cathode ส่วน C Coupling ก็กะว่าจะใช้ Angela Copper Foil PIO ขนาด 0.33uF ไปก่อนซักระยะหนึ่ง จากนั้นก็จะเอา Western Electric มาทดลองดูบ้าง เพื่อเทียบกันดูว่าจะชอบอันไหนมากกว่ากัน

ในส่วนภาคจ่ายไฟ ผมใช้หม้อแปลงไฟสูงที่ 360-0-360V 250mA ผ่านหลอด AZ50 Valvo เข้าวงจร Filter แบบ CLC เพื่อให้ได้ไฟ B+ สำหรับหลอด Power ที่ 425V ผมได้ให้คุณสมชายพันหม้อแปลงแบบไม่ต้องมีฝาปิด คือเป็นแบบ Open Frame เพื่อให้ดูเหมือนของเก่าตามแบบ Klangfilm ปรากฏว่าดูสวยดีเหมือนกัน ในส่วนของ C Filter ตัวแรกใช้ C Oil ขนาด 10uF 660V ของ Siemens เพื่อให้เข้ากับหลอดที่ส่วนใหญ่เป็นหลอดเยอรมัน แต่ตัวที่สองค้นหาที่เป็นเยอรมันไม่ได้ จึงเอา Elna ขนาด 220uF 475V แทน โดยใช้ร่วมกับ Choke ขนาด 10H 200mA และในส่วนลดแรงดันเพื่อใช้กับภาค Driver ก็ใช้ RCRC เข้าไป ลดแรงดันให้เหลือ B+ ประมาณ 230V สำหรับหลอด EF12 นอกจากนี้ในส่วนของการจุดไส้หลอด Power และ Driver ผมก็แยกหม้อแปลงออกมาทำภาคจ่ายไฟอีกหนึ่งชุดต่างหาก เพราะหากเกิดทำไม่ดีหลอด Driver ไม่ Work อยากเปลี่ยนแล้วดันมีไฟไส้หลอดไม่เหมือนกัน จะ

ได้เปลี่ยนแค่หม้อแปลงจุดไส้หลอด และการแยกชุดจุดไส้หลอดออกมา น่าจะมีผลดีต่อการลดสัญญาณรบกวนออกไปได้อีก

ในการต่อกราวนด์ของแอมป์ครั้งนี้ ผมลองเอาสายไฟแกนเดี่ยวขนาด 3.0mm มาทดลองใช้ปรากฏว่า ได้ผลดีในส่วนของความสวยงามในการต่อเชื่อม และในส่วนของการกราวนด์ระบบไฟและสัญญาณ ก็น่าจะได้ผลดีกว่าการเดินเป็นสายสะเปะสะปะไปมา หรือลงแท่นหลายๆ จุดอย่างที่ผมเคยทำ

ทดลองฟัง

ผมใช้เวลาจริงในการทำแท่น 2 วันและประกอบอุปกรณ์ รวมไปถึงบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันอีกแค่ 2 วันก็เสร็จ พร้อมทดลองฟัง หลังจากเช็คดูแล้วดูอีกสองรอบ ก็ทดลองเปิดฟังครับ ก่อนฟังผมก็คาดเดาเอาไว้ว่า มันน่าจะเป็นแอมป์ที่มีเสียงดีพอสมควร ไม่นั่น Klangfilm กับ Telefunken คงไม่เอามาทำแอมป์หลักของบริษัทให้เสียชื่อเสียง (แต่มันจะมาตกม้าตายก็เพราะยี่ห้อ Alexdiy นี่เองครับ)

เสียงของแอมป์ตัวนี้ มีรายละเอียดเสียงที่ดีมากๆ ครับ เสียงเบาๆ พวกกรู๊ๆ กริ้งๆ เล็กๆ น้อยๆ ได้ยินอย่างชัดเจน เสียงแหลมไปได้ไกลพอสมควร



ขณะกำลังใช้งานร่วมกับ Pre amp PTT2s (Bas)

และเสียงทุ้มค่อนข้างหนักเป็นลูกๆ ที่สำคัญ ผมว่ามวลเสียงมันเข้มข้น ฟังแล้วรู้สึกว่าเป็นเสียงต่างๆ มันได้ยินดังชัดขึ้นมามาก เสียงผู้หญิงร้องนี่มันได้ยินทางเสียงทอดยาวมากๆ เสียงเบสโนมันก็ดังชัดเหมือนคนเล่นดีใจเลย ซึ่งไม่แน่ใจว่าเป็นเพราะคุณลักษณะของแอมป์ที่เป็น Push Pull ที่จะมีพลังเสียงมากในลักษณะนี้หรือไม่ แต่โดยรวมน่าจะเหมาะกับเพลง Rock และเพลงที่มีเครื่องดนตรีหลายๆ ชิ้นหรือเพลงสมัยใหม่ทั้งหลาย ผมกะว่าจะทดลองทำ F2a Single Ended มาฟังเทียบกันดูสักหน่อย โดยจะใช้อุปกรณ์ให้เหมือนๆ กัน เช่นหลอด Driver EF12 และ Rectify AZ50 แต่คิดว่าจะลองฟังตัวนี้ไปสักระยะหนึ่ง ก่อนจะเปลี่ยนมาลองแบบ Ultra Linear ซึ่งคาดว่าจะได้กำลังขึ้นมามากขึ้นอีกหน่อย แล้วสุดท้ายจึงจะทำ Single Ended มาเทียบดู

ผมได้เอาแอมป์ ไปให้เพื่อนวัดดูกำลังขับ (Watt, rms) ปรากฏว่ามันทำได้ 12.5W ก่อนที่มันจะเริ่ม Clip ซึ่งผมเดาเอาไว้ว่ามันควรทำได้ประมาณ 15W ใน Triode Mode หากผมเพิ่มไฟ B+ เข้าไปอีกสักหน่อย เมื่อดูความเพี้ยนมันวัดได้ 4% โดยวัดที่ 10W และเมื่อดูรูปกราฟความถี่ตอบสนองปรากฏว่ารูปกราฟสวยมาก เท่ากันเป๊ะทั้งสองซีก รวมถึงไม่มีรอยหยักตรงรอยต่อระหว่างซีกเลย (ซึ่งจริงๆ ผมก็ดูไม่รู้เรื่องหรอก ตัวเพื่อนผมที่มีเครื่องมือและวัดให้ดูแกอธิบายให้ผมฟังนะครับ) คาดว่ามันได้อานิสต์ของเจ้า Autoformer ที่ Split Phase ได้เยี่ยมมากๆ นับว่าเป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่นำไปใช้ สำหรับคนที่สนใจทำแอมป์ Push Pull (จริงๆ แล้วหน้าตามันเหมือน Grid Choke ที่มี Center Tap เลย แต่ผมไม่คิดว่าจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน ใครมีโอกาสก็ลองทำขึ้นมาทดลองดูนะครับ) แกมตอนเขาไปวัดดูประสิทธิภาพการทำงานนี้เอง ผมก็ได้เปรียบเทียบกับเสียงกับแอมป์ 300B Single Ended ของเพื่อน ปรากฏว่ารายละเอียดเสียงของมันกิน 300B ขาดครับ เสียงอะไรที่

ไม่ได้ยินใน 300B มันก็โผล่มาให้ได้ยินในแอมป์ตัวนี้ แม้ 300B จะฟังดูผ่อนคลายกว่า แต่เสียงโดยรวมมันทำเอาเพื่อนผมถึงกับอึ้งไปเลย และเมื่อผมนำกลับมาเทียบกับ EL156 Single Ended ผมก็มีความรู้สึกว่ารายละเอียดเสียงสู้กัน แต่ F2a PP นี้มีพลังกำลังมากกว่า เนื้อเสียงเข้มข้นกว่า ฟังชัดเป็นตัวเป็นตนมากกว่า เสียงเบสเป็นลูกๆ และไปได้ดีกว่ากันมาก โดยที่ในแง่เพลงที่เน้นเสียงร้องก็ได้แพ่กันเลย ผมคงต้องลองทำแอมป์ Single Ended ที่เป็น Direct Heated Triode แท้ๆ ที่มีกำลังสูงพอสมควร มาลองฟังเทียบด้านเสียงร้องดูซะหน่อยแล้วครับ

บทสรุป

โดยสรุปแล้ว F2a เป็นหลอดที่น่าสนใจหลอดหนึ่ง แม้ว่าอาจหายากสักหน่อย แต่ใน eBay น่าจะมีเข้ามาอยู่เรื่อยๆ โดยเฉพาะหากเป็น F2a11 ก็จะมี Socket เล่นได้ง่ายขึ้น แต่หากไม่ชอบแนวทางการหาหลอดแปลกๆ มาเล่น ก็ใช้ EL34 แทนได้เลยครับ ง่ายดีและ Klangfilm เองก็เอามาทำแอมป์ในยุคต่อๆ มาเหมือนกัน น่าจะมีแนวเสียงไปในทางเดียวกัน ในส่วนตัวผมเอง ชอบศึกษาข้อมูลต่างๆ จาก Internet ทำให้มักจะสนใจหาหลอดแปลกๆ มาเล่นอยู่สักหน่อย โดยเฉพาะหลอดในกลุ่มยุโรป สำหรับ Website ที่มีข้อมูลของหลอดในกลุ่มยุโรปและอุปกรณ์ของ Klangfilm เอง สามารถหาได้จาก <http://www.tube-classics.de> และ <http://klangfilm.free.fr> จะมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างมากครับ

ในที่สุดความฝันเรื่อง Klangfilm ของผมก็เป็นจริง (แม้จะเป็นความฝันแบบเบลอๆ ไม่เหมือนจริงจัง) แต่หากความฝันจะเป็นจริงได้นั้น มันก็ต้องเมื่อสองมือของเรา ต้องทำมันให้เป็นจริงขึ้นมาเองเท่านั้นครับ

..... alexdiy@gmail.com

**สุดท้ายขอให้ทุกคนมีความฝัน และไปถึงความฝันที่วาดไว้
เพราะคนที่ไม่มีฝันคือคนที่ตายไปแล้วเท่านั้น**

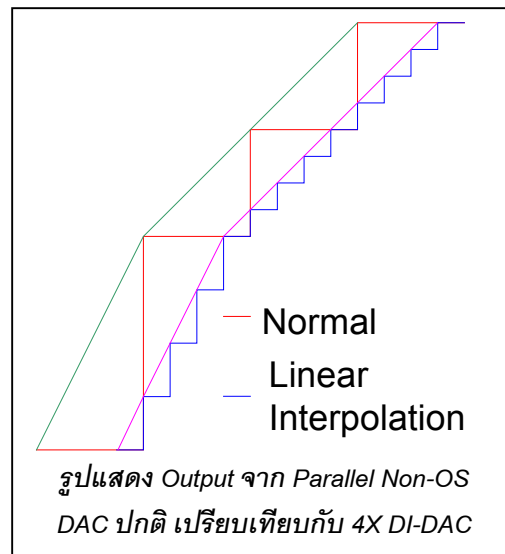
DIRECT INTERPOLATION DIGITAL TO ANALOG CONVERTER

ผู้เขียน : มนต์สรรค์ ไสธวิทย์

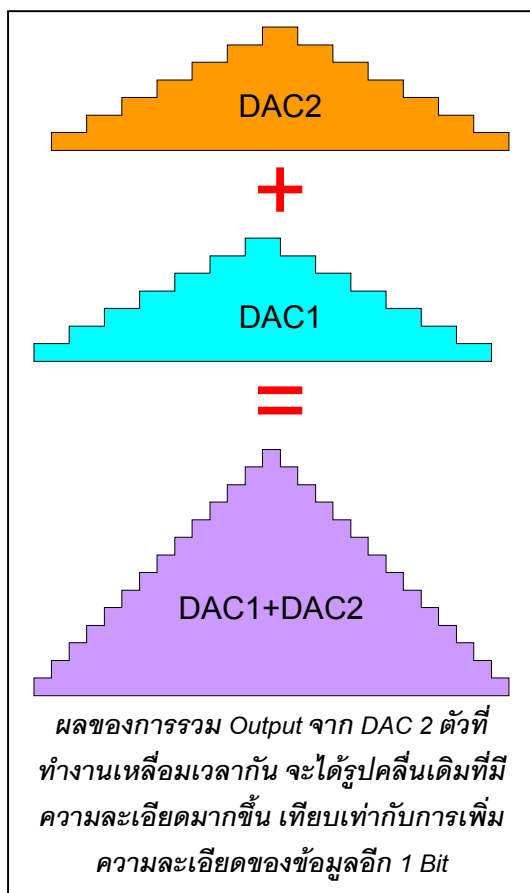
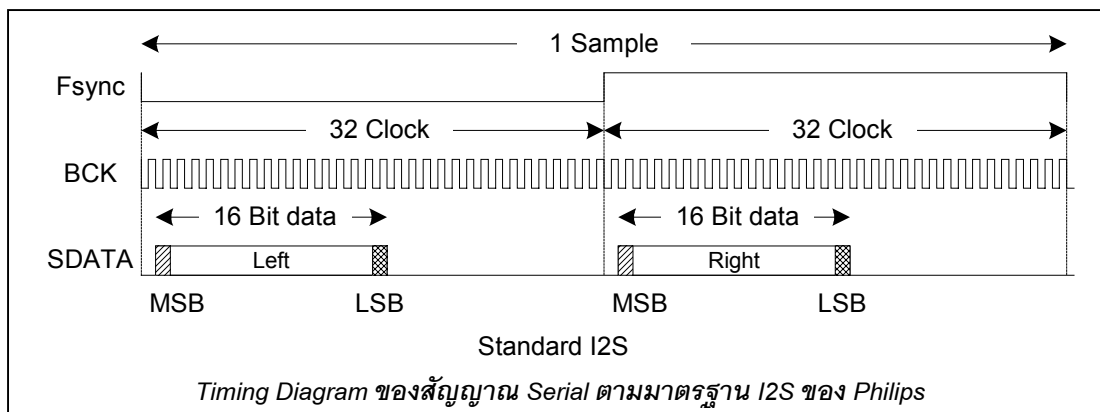
ปีนี้ผมเขียนเรื่อง DAC 2 บทความเลยครับ ต้องรีบถ่ายถอดเอาไว้ก่อน เพราะไม่รู้จะหาโอกาสเขียนแบบนี้ได้อีกเมื่อไหร่ อันที่จริงตัวโครงการเองก็ยังไม่เสร็จสมบูรณ์อย่างที่ตั้งใจครับ แต่ก็ใกล้เคียงมากแล้วละครับ บางทีตอนที่คุณได้อ่านบทความนี้ โครงการผมอาจจะสมบูรณ์แล้วก็ได้

ก็เป็นเรื่องต่อเนื่องจากที่ผมทำ Balance DAC เสร็จแล้ว ผมก็ตันไปเลย คิดไม่ออกว่าจะทำอะไรกับ DAC ได้อีกบ้าง ผมก็หาข้อมูลไปเรื่อยๆ จนได้ไปอ่านข้อความใน www.diyaudio.com ชุดหนึ่งของนาย ecdesign ชาว Netherlands เป็นเรื่องเกี่ยวกับการประมาณค่าเชิงเส้นหรือ Linear Interpolation ครับ โดยการทำหนดให้ DAC หลายๆ ตัว ทำงานเหลื่อมเวลากันเป็นเชิงเส้นครับ Output ที่ได้จาก DAC เหล่านี้เมื่อนำมารวมกัน ก็จะมีลักษณะเหมือนกับการประมาณค่าเชิงเส้น ทั้งบนแกนเวลาและความแรงสัญญาณ (Time Domain & Amplitude) ซึ่งคุณ ecdesign เรียกมันว่า Direct Interpolation DAC หรือ DI-DAC ครับ (หมายความว่า DAC ที่ใช้การประมาณค่าโดยตรง) ขอยกตัวอย่างให้เห็นภาพจะดีกว่านะครับ เขาเป็นว่าตอนนี้ผมมี DAC 4 ตัวขนานกัน ซึ่งแต่ละตัวมี Output 1.0mA และทุกๆ 1 วินาที จะปล่อย Output ออกมา เพราะฉะนั้นทุกๆ 1 วินาที ผมจะได้ Output 4.0mA ออกมา Output ผมจะมีแค่ 0 กับ 4 เลยเท่านั้น ที่นี้ผมจะให้ DAC แต่ละตัวปล่อย Output 1.0mA ออกมาโดยให้เหลื่อมเวลากัน 0.25 วินาทีนะครับ ที่ 0.25S แรก ผมก็จะมี Output 1.0mA พอถึง 0.5S ผมก็จะได้ Output อีก 1.0mA เป็น 2.0mA และเช่นกันกับตอน 0.75S และเมื่อถึง 1S ผมก็จะได้ Output 4.0mA เท่าเดิม จะเห็นว่า

ผมได้ Output ถึง 4 ระดับ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นทีละระดับทุกๆ เวลา 0.25 วินาที นี่คือการประมาณค่าเชิงเส้นตามเทคนิคการเหลื่อมเวลานี้ครับ



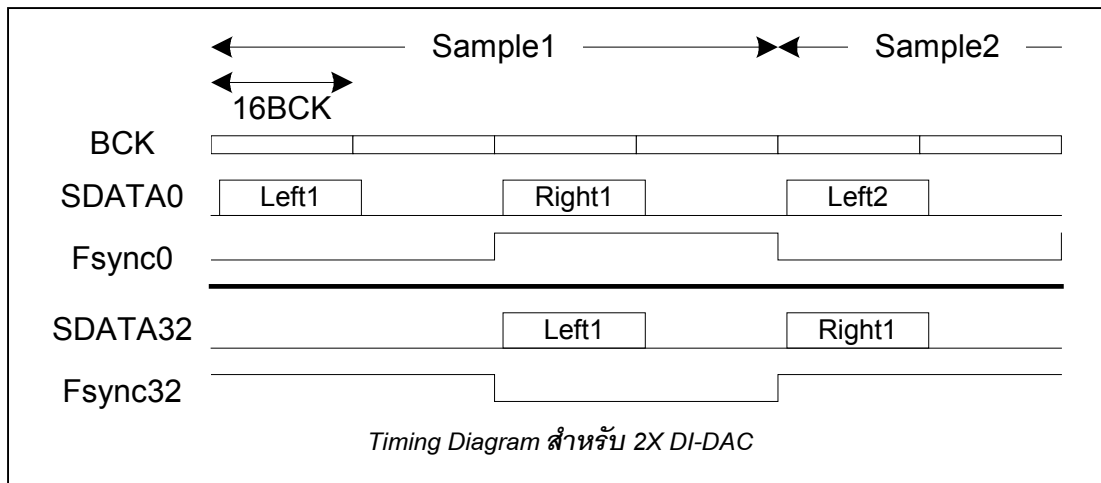
ในทางทฤษฎีแล้ว จะเห็นว่ารูปคลื่นขึ้นบันไดมีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งเปรียบได้กับการทำ Oversampling นั่นเอง ทุกๆ การเพิ่มขึ้นของ DAC 1 เท่าตัว จะเทียบเท่ากับข้อมูลที่เพิ่มขึ้น 1 Bit เมื่อคิดในทางคณิตศาสตร์ และเสมือนว่าความถี่ Sampling เพิ่มขึ้นตามจำนวน DAC ที่นำมาใช้รวมกันด้วย เพราะฉะนั้น DAC 16 Bit / 44.1kHz ทำงานร่วมกัน 4 ตัวในลักษณะเช่นนี้ ก็จะเทียบเท่ากับความละเอียดของ DAC 18 Bit / 176.4kHz จะบอกว่านี่เป็น Oversampling แบบหนึ่งก็ได้ แต่แน่นอนว่าไม่มีข้อเสียเรื่อง Delay เหมือนกับการทำ Oversampling ด้วยวิธี Finite Impulse Response (FIR) ครับ และ Jitter Sensitivity ของ DAC แต่ละตัวก็ยังเป็น 173pS เพราะ DAC แต่ละตัวยังทำงานที่ 16 Bit / 44.1kHz อยู่ แทนที่จะเป็น 10.8pS ตามค่ามาตรฐานสำหรับ DAC 18 Bit / 176.4kHz (ดูรายละเอียดในบทความ Non Oversampling



Digital Filterless Digital to Analog Converter ใน DIY Journal YB2002) จะเห็นว่า DAC แต่ละตัวยังทำงานตามแนวคิดแบบ Non-Oversampling อยู่ แต่เราไปใส่ลูกเล่นที่ Input & Output ของมัน ให้ได้ผลลัพธ์เหมือนกับการทำ Oversampling นั่นเอง ซึ่งขั้นบันไดของสัญญาณ Output ก็จะมีละเอียดขึ้นเทียบเท่ากับการเพิ่มข้อมูลอีก 1 Bit ดังรูป Alias Signal ก็จะถูกเลื่อนไปอยู่ที่ระดับความถี่สูงขึ้นตามระดับการ Oversampling ด้วย ผลก็คือทำให้ออก

แบบวงจรกรองได้ง่ายขึ้น หรืออาจจะไม่จำเป็นต้องมีเลยก็ได้ ลดผลในเรื่อง Phase Shift ลงได้อีก ถ้าเราใช้ DAC หลายๆ ตัว จากที่เป็นขั้นบันไดต่างๆ กัน ก็จะดูเรียบขึ้นตามจำนวน DAC ที่ใช้ ลองคิดดูเทียบกับรูปนะครับ ว่าถ้าใช้ DAC ซัก 16 ตัวมาทำงานใน Concept นี้ รูปขั้นบันไดจะดูเรียบแค่ไหน ด้วย Scale ที่คุณเห็นนี้ ก็แทบจะเรียกได้ว่าเป็นเส้นตรงเลยละครับ นี่แหละครับคือผลจากการนำการประมาณค่าเชิงเส้น หรือ Linear Interpolation มาประยุกต์ใช้กับ Non-OS DAC ฟังดูแล้วเหมือนจะดีใช่ไหมครับ? แต่ถ้ามองรายละเอียดกันจริงๆ แล้ว จะเห็นว่าการประมาณค่าในช่วงลักษณะนี้ เป็นข้อมูลเทียมทั้งนั้นเลยครับ สัญญาณเสียงจริงๆ แล้วเป็นคลื่นไซน์ (Sine) ซึ่งไม่สามารถประมาณค่าจริงได้ด้วย Scale Linear ลักษณะนี้ครับ อย่างไรก็ตาม เมื่อดูจากรูปข้างต้นแล้ว จะเห็นว่าสัญญาณจะ Delay ไปเล็กน้อย แต่ก็ไม่ใช่ประเด็นสำคัญอะไร เพราะสัญญาณก็ยังตรงกับต้นฉบับอยู่ เพียงแต่เลื่อนไป 6uS เท่านั้นเองครับ

มีประเด็นที่น่าสนใจมากอีกประการหนึ่งของสัญญาณ Output จาก DAC ลักษณะนี้ ก็คือเรื่อง Harmonic ครับ ถ้านำสัญญาณจาก DAC นี้ไปดูเทียบกับต้นฉบับที่เป็นสัญญาณไซน์ที่ถูกคลื่น จะเห็นว่า สัญญาณที่ได้จะเป็นรูปสามเหลี่ยมครับ โดยเฉพาะที่ความถี่สูงๆ ยิ่งความถี่สูงก็จะยิ่งเข้าใกล้รูปสามเหลี่ยมมากขึ้นครับ และก็เป็นที่น่าทึ่ง

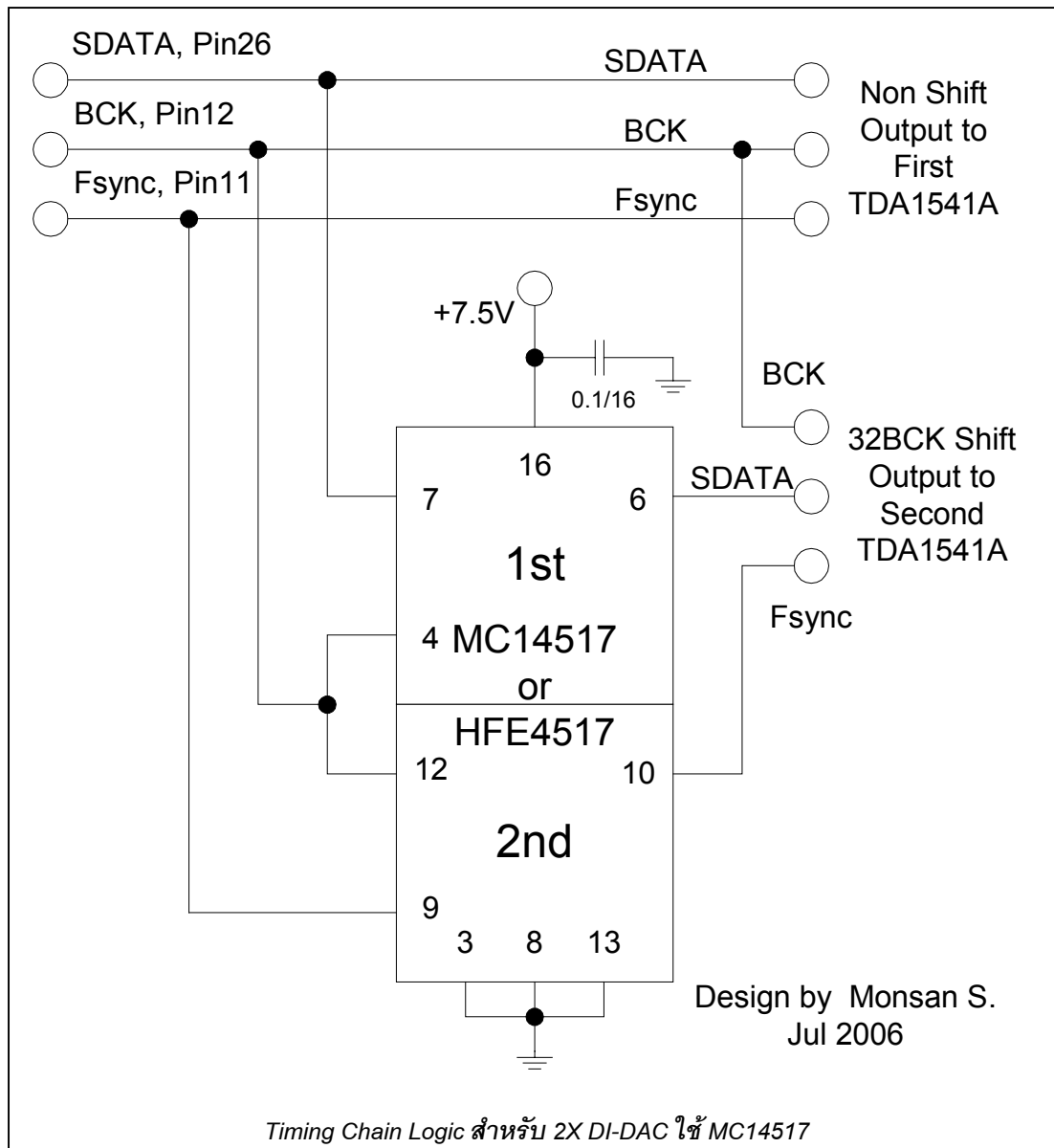


กันอยู่แล้วว่า สัญญาณสามเหลี่ยมมีส่วนประกอบเป็น Harmonic คู่เป็นส่วนใหญ่ ต่างกับสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีส่วนประกอบเป็น Harmonic คี่ ซึ่งไปสอดคล้องกับความสามารถในการรับฟังของมนุษย์ที่ Harmonic คู่จะไม่เป็นที่ระคายหูอย่างเช่น Harmonic คี่ เราจึงพอจะประมาณได้ว่า DAC นี้ น่าจะเสียงดีกว่า Non-Oversampling วงจรเดิมที่เคยทำมา อย่างน้อยก็ที่เสียงแหลมละครับ

อ่านมาถึงตรงนี้หลาย ๆ คนคงอยากทำมาลองฟังดูบ้างแล้ว เนื่องจาก Audio DAC Chip ทั่วไปจะรับสัญญาณ Serial ตาม Format ที่กำหนดจากผู้ผลิต ถ้าจะทำให้ DAC ทำงานเหมือนกันก็ต้องทำการหน่วง (Delay) สัญญาณ Serial เพื่อนำไปป้อนให้กับ DAC แต่ละตัว ก็จะได้ Output ตามที่ต้องการ ซึ่งพระเอกของเรานี้ก็คือ Shift Register นั่นเองครับ เนื่องจากสัญญาณ BCK (Bit Clock) เป็นสัญญาณต่อเนื่อง จึงไม่มีความจำเป็นต้องไปยุ่งกับมัน ส่วนสัญญาณ SDATA (Serial Data) และ Fsync (Synchronize Frequency หรือบาง Format จะเรียก WS, Word Select) ต้องถูกหน่วงเอาไว้ จะต้องหน่วงเวลาเท่าไรก็ขึ้นกับจำนวน DAC และชนิดของสัญญาณ Serial ที่จะนำไปป้อนให้ DAC ครับ ที่ผมทดลองครั้งแรกนั้นผมทดลองบน Board Non-OS DAC Parallel TDA1541A ของ "Thomas" (อีกแล้ว) เนื่องจาก

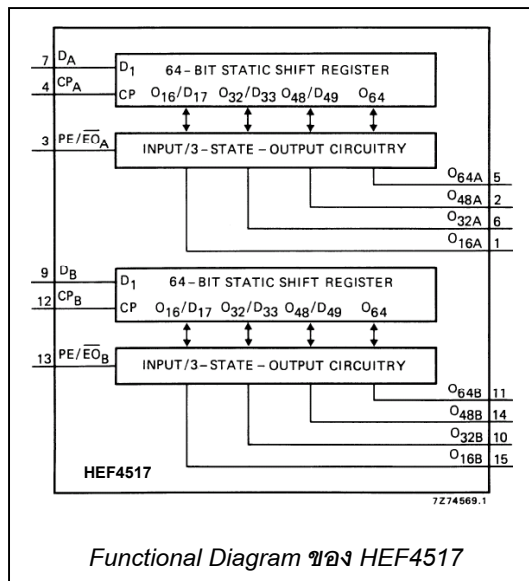
Format สัญญาณระหว่าง CS8414 และ TDA1541A คือ I2S ซึ่งมีความยาว 64BCK ต่อ Stereo Sample สิ่งที่ผมต้องการทำคือการ Delay SDATA และ Fsync ออกไป $\frac{1}{2}$ Sample Length หรือ 32BCK นั่นเอง ตอนแรกผมจะใช้ 74HCT164 8 Bit Shift Register ที่เหลือมาจากโครงงานเก่าๆ มาทำ ซึ่งต้องใช้ 8 ตัว 4 ตัวอนุกรมกันเป็น 32 Bit Shift Register สำหรับ SDATA และอีก 4 ตัวในลักษณะเดียวกันสำหรับ Fsync ก็จะได้ Output 2 ชุดที่เหลื่อมเวลากัน 32BCK ตามที่ต้องการตามรูป

ที่นี้บังเอิญผมเปิดหนังสือ ECG เล่นๆ ดูก็ดันไปเจอ CMOS เบอร์ 4517 Dual 64Bit Static Shift Register เข้า ซึ่งมี Output 32Bit Shift มาให้ด้วย ในตอนนั้นผมก็ไม่มีความรู้หกรอครับว่ามันจะใช้ได้ไหม? แต่คิดว่าน่าจะใช้ได้ ก็เลยเปลี่ยนวงจรมาใช้ 4517 ดีกว่า เพราะจะลดรูปวงจรลงได้มาก จากเดิมที่ต้องใช้ 74HCT164 8 ตัว ก็เหลือ 4517 แค่ตัวเดียว ตอนแรกผมยังคงกังวลอยู่ว่ามันจะใช้งานได้ไหม? ประการแรกคือนี่เป็นครั้งแรกที่ผมนำ Logic ตระกูล CMOS มาต่อใช้งานร่วมกับ Logic TTL แล้วมันจะเข้าใจกันรึเปล่า? อีกประการคือเรื่อง Propagation Delay ของ 4517 ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับ TTL อย่าง 74HCT164 ซึ่ง SDATA กับ Fsync จะ Delay ไปมากกว่า 32BCK อย่างที่เราต้องการ ผมจึงป้อนไฟเลี้ยงให้ 4517 ถึง 7.5V เพื่อ



ให้ Propagation Delay ต่ำลงบ้าง คิดว่าเพียงพอที่จะไม่ส่งผลกระทบกับการ Delay 32BCK และมันก็ใช้งานได้ ซึ่งผมสามารถพ่วงเทียบระหว่าง Parallel Non-OS DAC กับ DI-DAC ได้ทันที โดยการดึง 4517 ออกจาก Socket และใส่ลวด Jump ลงไปแทนเพื่อ Bypass 4517 ผลการรับฟังต่างกันไม่มากนัก แต่ก็พอได้เห็นแนวโน้มว่า DI-DAC จะมีจุดเด่นและจุดด้อยอย่างไรเมื่อเทียบกับ Non-OS DAC ปกติ (ภายหลังผมได้รับคำแนะนำจากคุณ Pui จาก ThaiAOTN Mailing List ให้ป้อน +15V ให้ MC14517 เลย เพื่อให้ได้ค่า Propagation

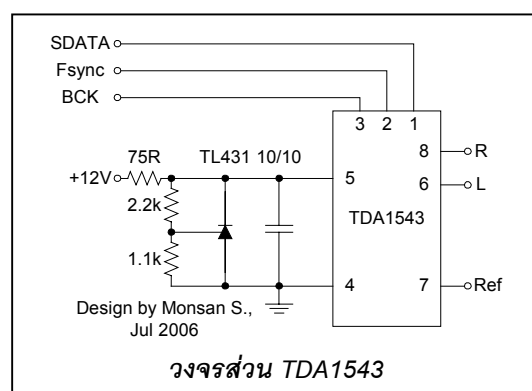
Delay ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ และใช้ 4060 (+5V) เป็น Buffer เพื่อปรับระดับ Logic ซึ่งก็ใช้งานได้ดีเช่นเดียวกันครับ) เดิมที่ผมตั้งใจจะทำ DI-DAC โดยใช้ PCM61 9 ตัวต่อ 1 ช่อง แต่ที่ลองทำ 2 ตัวก่อนก็เพราะอยากรู้แนวโน้ม เผื่อถ้าเสียงไม่ถูกใจจะได้ล้มโครงการไป แต่ถึงตรงนี้แล้วผมคิดการณ์ใหญ่เลย คือจะทำให้ละเอียดสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ มาลองฟังดู ซึ่ง Serial Format ที่มี BCK สูงสุดก็คือ I2S (64BCK per Sample) สามารถทำได้ถึง 64X แน่หนอนว่าผมไม่มี TDA1541A มากขนาดนั้น และด้วยราคาปัจจุบัน คงเป็นการลงทุนที่หนักเกิน



ไปหน่อย ผมจึงเปลี่ยนแผนจากใช้ TDA1541A มาใช้ TDA1543 แทน ส่วนหนึ่งก็เพราะผมขี้เกียจทำภาคจ่ายไฟหลายชุดด้วย และลำพัง TDA1543 ถ้าใช้งานอย่างถูกต้อง ก็ไม่ได้ด้อยกว่า TDA1541A ซักมากนัก ซึ่งผมเคยเจอกับตัวเองมาแล้วตอนที่เริ่มเล่น TDA1541A แรกๆ ว่า การใช้ TDA1541A ถ้าวาง Layout ของ Decoupling และ Ground ไม่ถูกต้องตามหลักการ รายละเอียดเสียงที่น่าจะดีกว่า TDA1543 กลับจะด้อยกว่าด้วยซ้ำ ด้วยเหตุนี้ผมจึงเลือกใช้ TDA1543 ครับ และยิ่งเมื่อนำมาใช้ตาม Concept นี้ เรื่องความต่างของ Linearity Error เล็กน้อยของ 2 เบอร์นี้ก็ตัดไปได้เลย ไม่ต้องนำมาคิด เพราะว่าผลจากการทำ Direct Interpolation จะกลบผลต่างนี้ไปตั้งแต่ DI-2X แล้ว ซึ่งเทียบเท่ากับการเพิ่ม Resolution อีก 1 Bit ทำให้กลบ Error $\frac{1}{2}$ LSB ของ 16 Bit ไป ยิ่ง DI-64X ซึ่งเทียบเท่ากับ Resolution 22 Bit ยิ่งไม่ต้องพูดถึง ผมวางแผน PCB เป็น Main Board และ Card โดยแต่ละ Card จะมี TDA1543 อยู่ 4 ตัวพร้อมภาคจ่ายไฟและ Glue Logic ที่จำเป็น แน่ชื่อนว่า รวมถึงวงจร Reclocker ด้วย และใช้ Main Board เป็นฐานสำหรับเสียบ Card ตามจำนวนที่ต้องการได้ถึง 16 Cards รวมเป็น 64X ส่วนภาคจ่ายไฟ

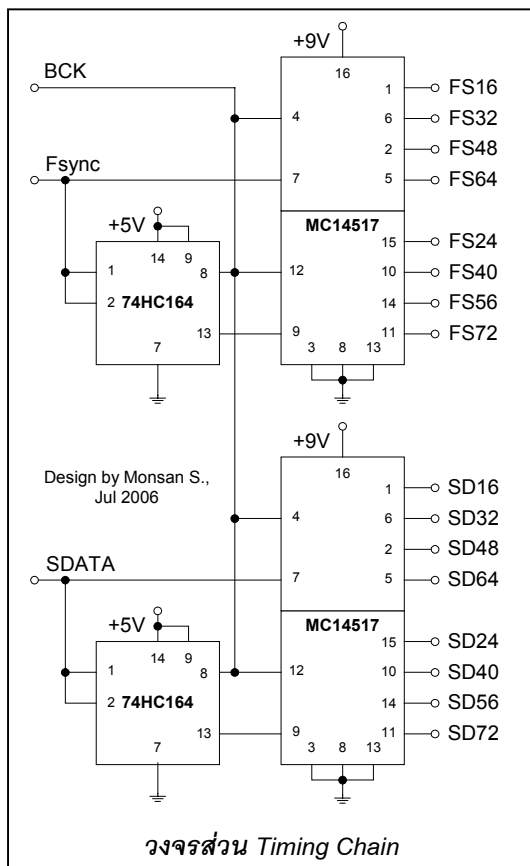
หลัก, Glue Logic, Digital Receiver และ IV Converter จะอยู่บน Main Board ซึ่งผมจะฟังความแตกต่างระหว่าง 4X-8X-16X-32X-64X ได้จากการเสียบ Card และปรับ I/V Converter ให้เหมาะสมตามจำนวน IC ที่ใช้ โดยการ Set DIP Switch ครับ

ที่เข้ามาข้างต้นนี้เป็นแค่แบบใน CAD ครับ ส่วนที่เป็นจริงและฟังได้แล้วตอนนี้เป็น Version 4X และ 8X ครับ ซึ่งผมชอบที่จะเรียกว่า V4 และ V8 ครับ เพราะการทำงานมันไปคล้ายกับเครื่องย่น นะครับ คือแต่ละลูกสูบทำงานสลับกันเพื่อให้เครื่องยนต์เดินเรียบขึ้นนั่นเองครับ ผมยังคงยึดการใช้ MC15417 เป็น Shift Register ตัวหลักอยู่ เพราะมันสามารถแบ่ง Output เป็น 16BCK Shift, 32BCK Shift, 48BCK Shift ได้ในตัวเดียว ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของ Card ที่ผมกล่าวถึงข้างต้น อันนี้ก็คือ V4 ใจครับ และเมื่อผมทำให้ Card 2 ชุดทำงานเหลื่อมเวลากัน 8BCK ผมก็จะได้ V8 ตามต้องการครับ และสุดท้ายถ้าผมใช้ 16 Cards และให้แต่ละ Card ทำงานเหลื่อมกัน 1BCK ผมก็จะได้ V64 อย่างที่ออกแบบไว้ครับ อันที่จริงผมคิดว่า V32 ก็น่าจะพอแล้ว แต่มันอีกแค้นเดียวที่จะถึงที่สุดที่สามารถทำได้แล้วก็คือ V64 ก็เลยกลั่นใจ ไหนๆ จะบ้าแล้วก็บ้ามันไปให้สุดทางเลยครับ

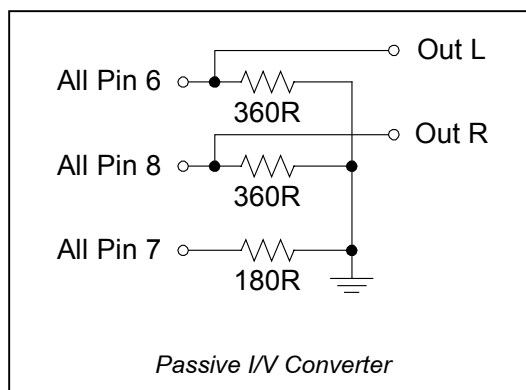


ในรูปแสดงวงจรเป็นส่วนๆ นะครับ ผมก็เกียจเขียนรูปใหญ่ๆ นะครับ ทำความเข้าใจกับเนื้อหาแล้วเอาวงจรมาต่อกัน ก็จะได้วงจรสมบูรณ์เอง

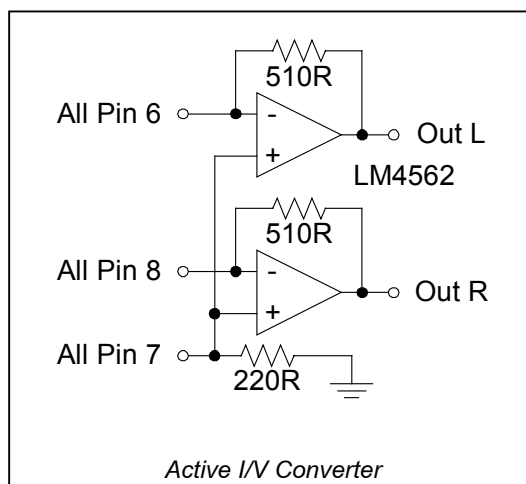
ครับ ในวงจร V8 นั้น ผมนำ Output I2S จาก CS8412 มาป้อนเข้าที่ชุด Timing Chain ก่อน ซึ่งจะได้ Output ออกมา 16 เส้น จัดได้เป็น 8 ชุดคือ FS16/SD16, FS24/SD24, ไปเรื่อย ๆ จนถึง FS72/SD72 เมื่อนำแต่ละชุดไปรวมกับ BCK ซึ่งเป็น Continuous Signal อยู่แล้ว ก็จะได้สัญญาณ I2S ที่เหลือมเวลากัน 8 ชุด ชุดละ 8BCK ครับ ก็แยกเอาแต่ละชุดไปเข้า TDA1543 ชุดใครชุดมันระวังสลับชุดด้วยนะครับ ตอนแรกผมยังเกรงอยู่ว่า CS8412 จะขับ Load ทั้งหมดไม่ไหว ซึ่งก็คือ 8x TDA1543, 2x 74HC164 และ 2x MC14517 ก็เลยเตรียม Non-Inverting Bus Driver 74F244 เอาไว้ด้วย แต่ปรากฏว่ามันดันใช้งานได้ อันนี้บอกไว้เผื่อใครใช้ Digital Receiver เบอร์อื่น เช่น CS8414, DIR1703 แล้ววงจรไม่ทำงาน อาจจะเป็นเพราะว่า Digital Receiver ขับ Load ไม่ไหวก็เป็นได้ครับ คุณก็หา TTL Bus Driver ตัวไหนก็ได้มาเป็น Buffer ให้มันครับ ถ้าเป็น Inverting Bus Driver ก็อนุกรมกัน 2 ตัว ได้เป็น Non-Inverting แล้วครับ

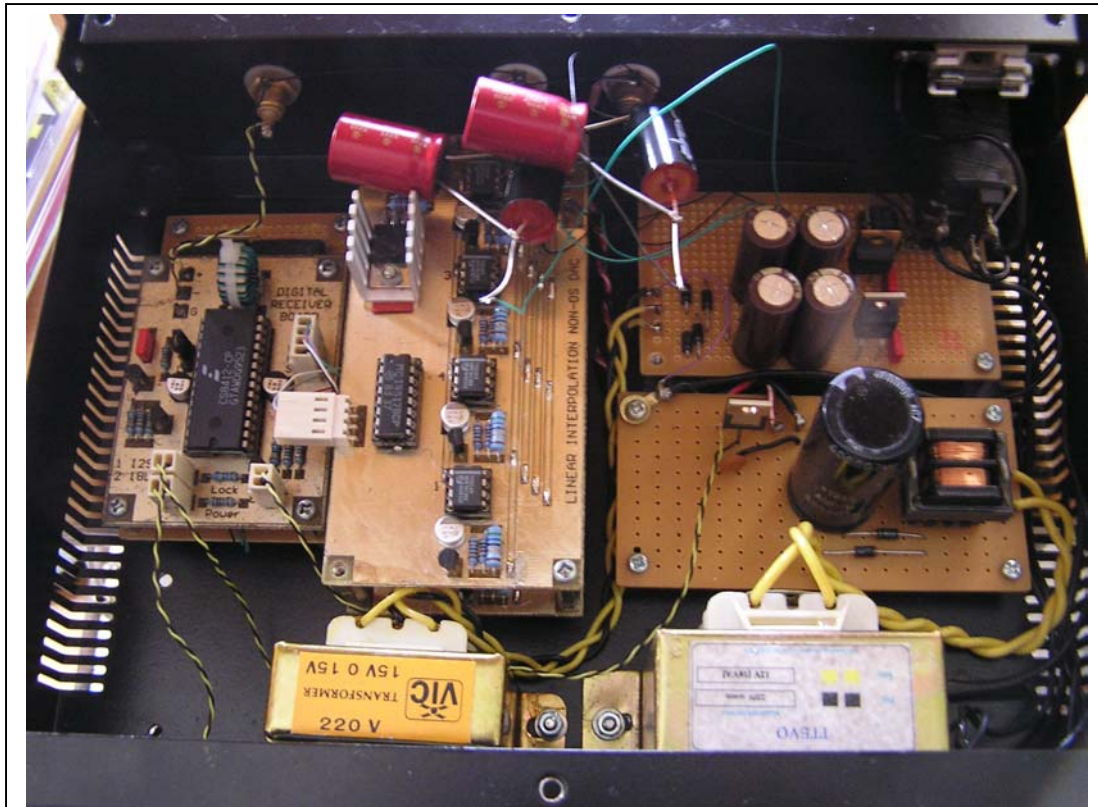


Output จาก TDA1543 ทั้ง 8 ตัว (L, R, Ref) ก็จับต่อขนานกันทั้ง 8 ตัวเลยครับ ที่นี้จะใช้ I/V Converter แบบไหนก็เลือกเอาตามสบายครับ จะใช้ Passive I/V Converter หรือจะใช้ Active I/V Converter ก็เลือกเอาครับ มีหลากหลายแบบ ผมยกตัวอย่าง Passive และ Active ให้อย่างละชุดละกันครับ



เมื่อครั้งแรกสุดที่ผมทำต้นแบบเสร็จ ผมใช้วงจร Passive I/V ตามรูปครับ ซึ่งจะมีปัญหาเรื่องเสียงแตกเล็กน้อยในช่วง Peak Music ซึ่งผมไม่แน่ใจว่าสาเหตุเกิดจากอะไร เป็นไปได้ว่าค่า R ที่ผมใช้ไม่เหมาะสม หรือเป็นเพราะ TDA1543 ทั้ง 8 ตัว มีตัวใดตัวหนึ่งทำงานผิดไปจากเพื่อน หรือเกิดจาก Delay ที่เพิ่มขึ้นในวงจร Timing Chain ช่วงจังหวะที่สัญญาณ Peak และอาจจะเป็นสาเหตุอื่นที่ผมคิดไม่ถึง อย่างไรก็ตาม ผมไม่หาแล้วครับ ผมจึงเปลี่ยนมาใช้วงจร Active I/V ตามในรูปแทนครับ ใช้ Op-amp LM4562 เป็น I/V Converter ครับ





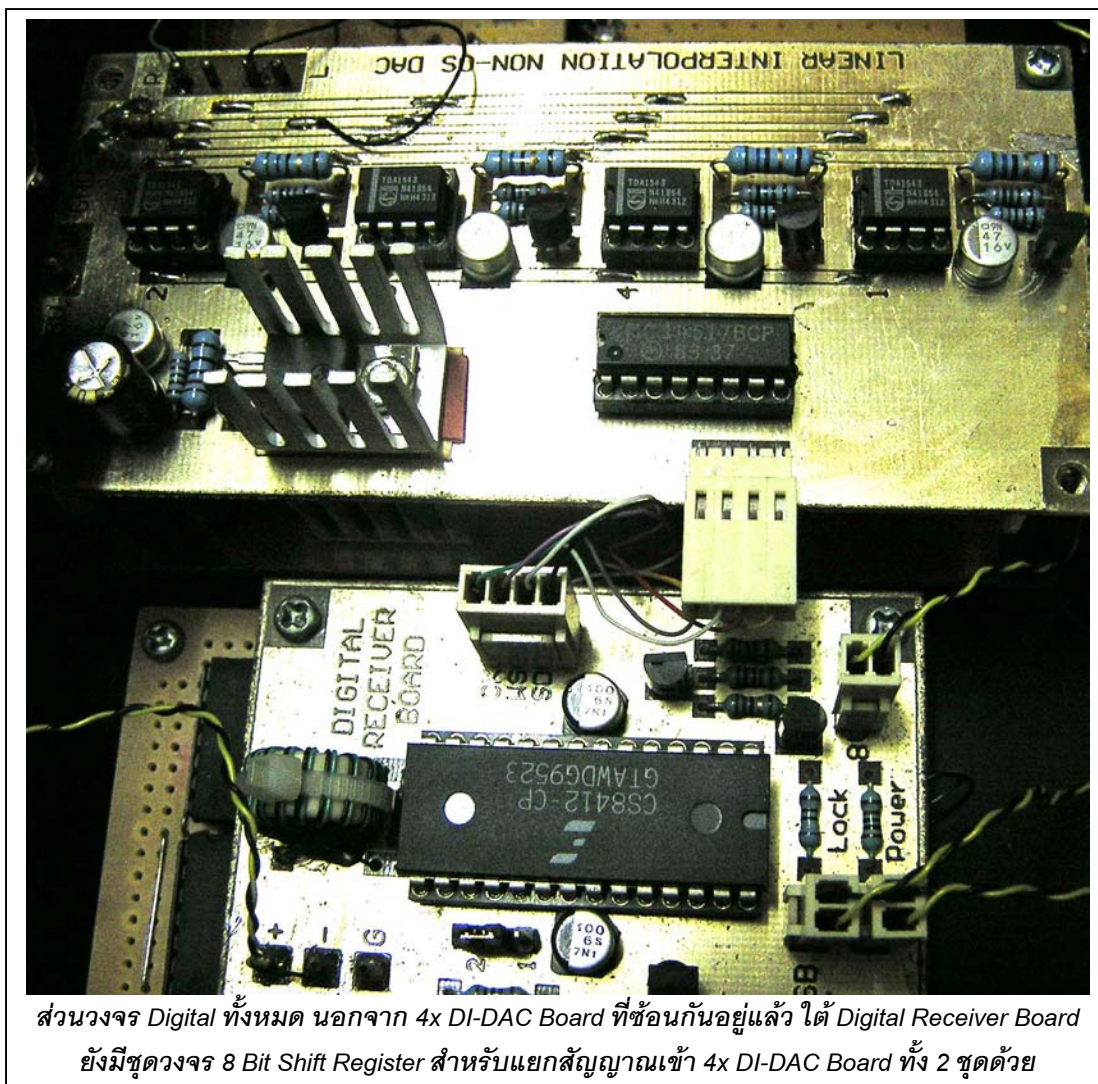
เครื่อง 8x DI-DAC ต้นแบบ จะสังเกตเห็นว่ามี 4x DI-DAC 2 Boards วางซ้อนกันอยู่

ถึงตอนนี้อันตรายเรื่องเสียงแตกก็หมดไปครับ แสดงว่าวงจร Passive I/V ของผมมีปัญหาแต่เดิมผมใช้ R I/V 340R และ R ref 195R ซึ่งทำให้สัญญาณไม่ Balance กันระหว่างซีกบวกและลบครับ น่าจะเป็นสาเหตุของเสียงแตก ค่า R ที่แสดงไว้ในบทความนี้ เป็นค่าที่ผมปรับมาใหม่แล้วและไม่เกิดปัญหาเสียงแตกครับ ได้ฟังกันจริงๆ ซะที

แน่นอนครับ เมื่อมีของเล่นชิ้นใหม่ ก็ต้องมีวันนัดดวล (Shoot Out Date, SOD) กันซะหน่อย เป็นการเทียบกันระหว่าง Non-OS DAC ปกติ กับ DI-DAC ครับ ตัดปัจจัยยับยั้งอื่นๆ ออกไป ก็ได้ข้อสรุปว่า Non-OS DAC ปกติ ให้หัวเสียงที่เร็วและคมชัดกว่า ซึ่งเป็นจุดเด่นของมันอยู่แล้ว พวกเสียงดิดสายกีตาร์, เสียงเปียโนนี้ Non-OS DAC ปกติทำได้ดีกว่า ในขณะที่ DI-DAC จะให้รายละเอียดเสียง, ความเนียนและความต่อเนื่องที่ดีกว่า เช่นเสียงไวโอลิน, เสียงนักร้อง เป็นต้น ก็เป็นข้อพิจารณาในการเลือกเล่นละกันครับ

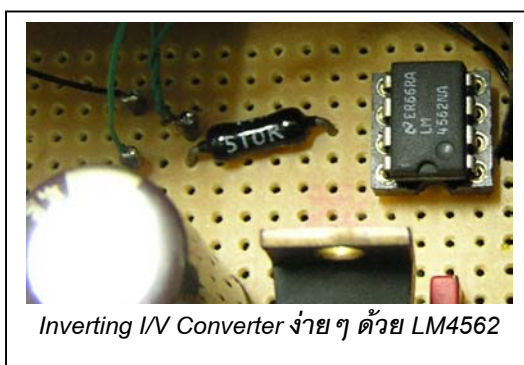
นอกจากที่กล่าวมาแล้ว เรายังสามารถออกแบบ DI-DAC เป็น Differential Mode ได้ด้วยโดยการกลับ Logic (Invert) สัญญาณ SDATA บางชุด สมมุติ V4 ละกัน ถ้าเรา Invert SD16 และ SD48 ก็จะได้สัญญาณ Differential ใน DI-Mode ออกมา ทำ I/V แยก Phase +/- ก็จะได้ Output เป็น Differential ครับ อันนี้ก็ลองเอาไปประยุกต์กันเองนะครับ ใช้ 74F04 เป็น Inverter ก็ได้ครับ

ที่นี้ก็มาถึง Mega Project V64 ละครับ จากที่ตั้งใจไว้ว่าจะใช้ MC14517 แต่พอลองนับจำนวน IC ในวงจร Timing Chain ดูแล้ว ก็คือ 16x MC14517, 2x 74HC164 รวม 18 ตัว แต่ถ้าใช้ 74HC164 อย่างเดียวเลย จะใช้แค่ 16 ตัว คือ 8 ตัวสำหรับ Fsync และ 8 ตัวสำหรับ SDATA ผมจึงเปลี่ยนใจครับ ใช้ TTL ล้วนดีกว่า แถมได้ประโยชน์ในแง่ Propagation Delay ต่ำกว่า CMOS ด้วย ผมจึงออกแบบวงจรใหม่ครับ ใช้ TTL Shift Register ล้วนๆ แทน อ่านมาถึงตรงนี้คุณคงนึกหน้าตาวงจร



ส่วนวงจร Digital ทั้งหมด นอกจาก 4x DI-DAC Board ที่ซื้อมาเรียบร้อยแล้ว ได้ Digital Receiver Board ยังมีชุดวงจร 8 Bit Shift Register สำหรับแยกสัญญาณเข้า 4x DI-DAC Board ทั้ง 2 ชุดด้วย

ออกอยู่แล้วว่าเป็นยังไง นอกจากนี้ก็ต้องเพิ่ม Bus Driver ขึ้นมาอีกหลายชุดครับสำหรับ BCK มี IC รอบริโภคสัญญาณนี้อยู่ถึง 80 ตัว ผมกะเอาไว้จะใช้ Bus Driver 1 ตัวต่อ Load 10 ตัว ก็คือต้องใช้ Bus Driver รวม 8 ตัวครับ ก็คงเป็น 74F244 นั้นแหละครับ อาจจะเพิ่ม Synchronous Reclocker เข้าไปด้วย อันนี้ก็คิดๆ อยู่ครับ



Inverting I/V Converter ง่ายๆ ด้วย LM4562

อย่างที่ผมมักกล่าวเสมอๆ ครับว่า ไม่มีอะไรดีที่สุดสำหรับทุกสิ่ง อย่างมากมันก็ดีที่สุดได้ในสถานการณ์เฉพาะหนึ่งๆ เท่านั้น และไม่มีอะไรดีที่สุดได้ตลอดกาล เวลาผ่านไป คนเรียนรู้มากขึ้น มีประสบการณ์มากขึ้น คำว่า "ดีที่สุด" ก็เปลี่ยนไปไม่จบสิ้น ของไม่ได้เปลี่ยนไปเลยครับ ที่เปลี่ยนไปคือคนต่างหาก DI-DAC ที่ผมเอามานำเสนอนี้ ก็เป็นแค่ทางเลือกหนึ่งในการเล่นครับ ไม่ใช่จุดสิ้นสุดของการเล่น โลกของ DIY ไม่มีสูตรสำเร็จตายตัวครับ เราเรียน เรารู้ เราเข้าใจ เราก็จะคิดไปได้กว้างไกลครับ ผมพลันนึกถึงประโยคหนึ่งที่นายฝรั่งพูดกับคุณอาจินตน์ไว้ และก็ยังใช้ได้เสมอกับผมเองและทุกๆ คน โดยเฉพาะในโลกของเรา DIYer

"SUCH A LOT TO LEARN"

CATCH ON TO CLASSICAL BY 211 SINGLE-ENDED & EVEII-F

Author : วิวัฒน์ โพธิ์นทีไท & ST



211 SE Amplifier and Power Supply

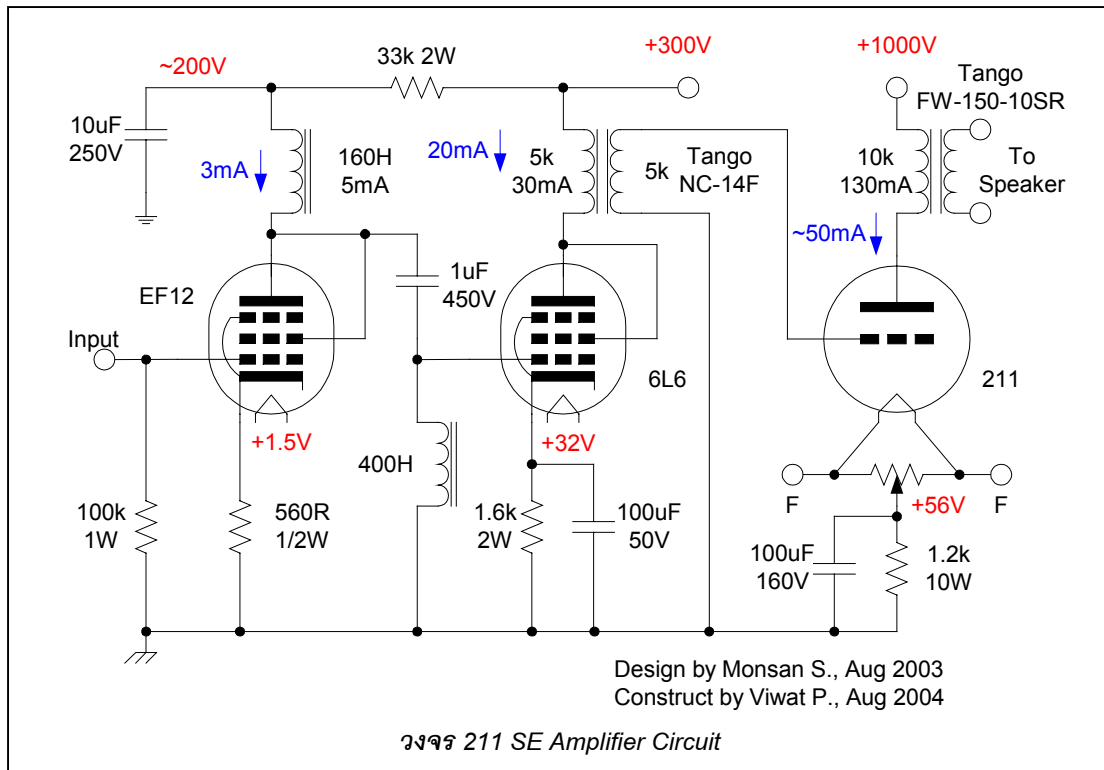
Introduction

ไม่ว่าจะเป็น 1812 Overture ของ Tchaikovsky หรือ Symphony No.1 ของ Brahms ทุกครั้งที่เปิดฟังจาก System ของผม มักจะเกิดอาการฟังไม่ค่อยจะจบแผ่นซักที ทั้งที่เป็นบทเพลงที่ไพเราะมากทั้งคู่ ก็คงเป็นเพราะเจ้า 47 SE ตัวเดิม ไม่สามารถจะตอบโจทย์ให้ผมได้ ถึงแม้ว่าจะเป็น Amp ที่มีโทนเสียงน่าฟัง แต่ System ของผมยังขาด Dynamic ความกังวาน, โอ่อ่า และความสามารถแจกแจงรายละเอียดแต่ละเครื่องดนตรี ที่มักจะมีจำนวนมากสำหรับเพลงประเภทนี้ ซึ่งบางบทเพลงใช้เครื่องดนตรีมากกว่า 90 ชิ้นในการบรรเลง

ตอนแรกผมคิดว่า ถ้าสร้างแอมป์วัตต์สูงที่มี Dynamic มาขับลำโพง Paragon คู่เดิมของผมก็น่าจะตอบโจทย์ได้ แต่คุณสันติกลับเห็นว่าลำโพงที่เป็น Modern Technology น่าจะตอบ

โจทย์ให้ผมได้ตรงจุดกว่าลำโพงเดิมที่ผมมีอยู่ เนื่องจากไม่รู้ว่าคำตอบที่แน่นอนคืออะไร ฟันธงไม่ได้ ก็เลยทำมันทั้งคู่ละครับ ซึ่งจะได้เล่าให้ฟังเป็นลำดับไปครับ

สำหรับหลอดภาค Output หลอด 211 (VT-4C) เป็นตัวเลือกของผมตั้งแต่ต้น ถามว่าทำไมต้องเป็น 211 ก็เพราะหลอดมันสวยดีครับ เป็นหลอดเครื่องส่งที่มีเสน่ห์ อยู่ในเครื่องรุ่น Ongaku ของ AudioNote และในเครื่องแอมป์ของนัก DIY ในญี่ปุ่นอีกมากมาย ความน่าสนใจของหลอดเครื่องส่งเบอร์นี้ น่าจะมาจากโครงสร้างเพลทที่ขึ้นรูปจากวัสดุ Graphite ซึ่งมีขนาดเพลทที่ใหญ่ ให้น้ำเสียงที่ Warm, อบอุ่น อีกทั้ง Filament แบบ Thoriated Tungsten ก็มีเอกลักษณ์เสียงเฉพาะตัวที่ออกไปทางเสียงอบอุ่นเช่นกัน ยิ่งเมื่อได้เห็นตอนจุดได้หลอดแล้วสว่างประทับใจ เสียงน่าจะใหญ่ตามหลอด คงเหมาะกับการฟังดนตรี Classical



The Amplifier Circuit

จริงๆ แล้ว ผมได้หลอด 211 และ OPT ที่เหมาะกับหลอดนี้มาตั้งแต่ช่วงที่ทำ 47 SE แล้ว แต่ยังขาดความมั่นใจที่จะลงมือทำ เพราะต้องใช้ B+ ร่วมๆ 1000V ภายหลังจากที่ได้ทำแอมป์ 47 SE สำเร็จแล้ว คุณอาร์ตเห็นผมมีอุปกรณ์ครบ ก็เลยช่วยออกแบบวงจร 211 SE ให้ ส่วนภาคจ่ายไฟให้ผมออกแบบเอง ทั้งหลอด Input และ Driver มีทั้งรุ่นที่เป็นหลอดแก้วและรุ่นที่เป็นหลอดเหล็ก คุณอาร์ตอยากเห็นเครื่องใช้หลอดเหล็กทั้ง 2 ภาค ดูน่าจะเข้ากันได้ดีกับหลอดเครื่องส่งอย่าง 211 เมื่อพูด

ถึงหลอดเหล็กแล้วจะพบว่า หลอดเหล็กโดยทั่วไป มักเป็นหลอดที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน RF ในหลอดประเภท Pentode, Tetrode เป็นส่วนใหญ่ครับ



Input Stage ของแอมป์ตัวนี้ ใช้หลอดเบอร์ EF12 ซึ่งเป็นหลอด Pentode ตระกูลยุโรป ถึงแม้ Datasheet ของ Philips ระบุว่า การใช้งานของหลอดนี้เหมาะที่จะใช้ในภาค AF และ RF ในวงจรวิทยุ แต่ EF12⁽¹⁾ กลับสร้างชื่อเสียงจาก V41 Microphone Pre-amp ที่ Telefunken ผลิตให้กับ German Radio Network ในช่วงปี 1928 จากแหล่งข้อมูลที่ค้นคว้าได้ V41 ใช้หลอด EF12 ต่อแบบ Triode-strapped หรือ Triode Connection จึงทำให้หลอดนี้เป็นหลอดที่น่าสนใจมากๆ สำหรับ



แอมป์ตัวนี้ของผม ความมั่นใจของผมนี้ หากลองคิดกันดู ในเมื่อหลอดเบอร์นี้ถูกใช้ในการบันทึกเสียงได้ดี ดังนั้นเมื่อมันถูกนำมาใช้ในภาคขยายเสียงก็ควรจะได้คุณภาพเสียงที่สอดคล้องกับระดับคุณภาพของขั้นตอนการบันทึกด้วย แนวคิดน่าจะเป็นไปได้ ในยุคที่การบันทึกเสียงด้วยระบบเครื่องหลอดสูญญากาศยังเป็นที่นิยมอยู่นั้น ปรีแอมป์ไมโครโฟนชั้นเยี่ยมของโลกเกือบทุกยี่ห้อ ต่างก็ใช้หลอด Telefunken เกือบทั้งนั้น และโดยมากมักจะ เป็นหลอด Pentode ด้วยครับ แม้ในปัจจุบันนี้ ไมโครโฟนที่ใช้หลอดอย่าง Neumann, Wagner ก็ยังเป็นที่นิยมอยู่มาก ในวงการบันทึกเสียงระดับสูง นอกจากหลอด EF12 แล้ว ผมยังมีหลอด EF11 ซึ่งมี Spec ใกล้เคียงกับ EF12 เป็นทางเลือกสำหรับแอมป์ตัวนี้ด้วยครับ



Neumann U47 นี่ก็ตำนานตัวหนึ่งในโลกการบันทึกเสียงเช่นกัน ใช้หลอด VF14

ตามวงจรจะเห็น EF12 ต่อแบบ Triode-strapped แล้วใช้ Choke Loaded จากนั้น Couple เข้าภาค Driver ซึ่งใช้หลอด 6L6 ด้วย Capacitor การเลือกให้ EF12 ทำงานใน Mode นี้

ก็เพราะมีตั้ง 3 Stages ไม่ได้ต้องการ Gain ที่สูงมากจากการต่อแบบ Pentode Mode วงจรนี้กำหนดจุดทำงานของ EF12 ที่ B+ ประมาณ 200V กระแสเพลทที่ประมาณ 3.0mA โดยการ Bias ด้วย R Cathode ค่า 560R แล้ว Filament ก็ป้อนด้วยไฟ AC ครับ

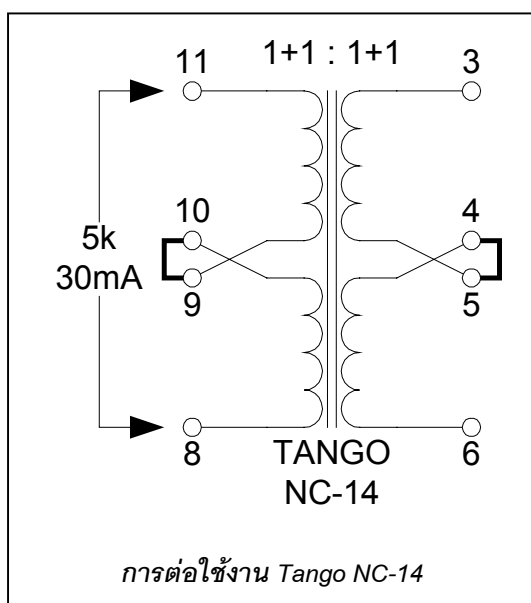


Graphite Plate อย่างเช่นหลอด 211 มักจะให้เสียงอบอุ่นต่างจากเพลทชนิดอื่น

6L6^(2,3) เป็นหลอด Beam Power Pentode ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภาค Output ของแอมป์หลอดดังๆ หลายยี่ห้อ เริ่มแรก RCA ได้ผลิตหลอด 6L6 มาเป็นหลอดหลัก ในการผลิต 6L6 รุ่นหลังได้พัฒนาเป็น 6L6G, 6L6GA, 6L6GB, 5881, 5932, 7027, และ 6L6GC (เป็นรุ่นสุดท้าย) ซึ่งล้วนเป็นหลอดแก้วทั้งสิ้น ประเด็นที่ผมอยากพูดถึงหลอดนี้คือ มีหลอดในตระกูลนี้เยอะมาก ทำให้ภาคนี้มีตัวเลือกในการทดลองและจูนเสียงมากมาย นี่ยังไม่รวมถึงตระกูลยุโรป ซึ่งมีทั้ง EL37, KT66 ที่พอจะเสียบแทนกันได้เลย และยังมีเบอร์อื่นๆ เช่น EL12 ที่มี Spec ใกล้เคียงกับ 6L6 อย่างไรก็ตามก็ต้องปรับแต่งวงจรนิดหน่อยเพื่อให้เหมาะสมกับแต่ละหลอดไป แม้กระทั่งในปัจจุบันนี้หลอด 6L6 ก็ยังเป็นหลอดที่มีการผลิตอยู่ เพราะยังมีความต้องการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสำหรับกีตาร์แอมป์ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้โทนเสียงที่ดีจากหลอดเท่านั้น

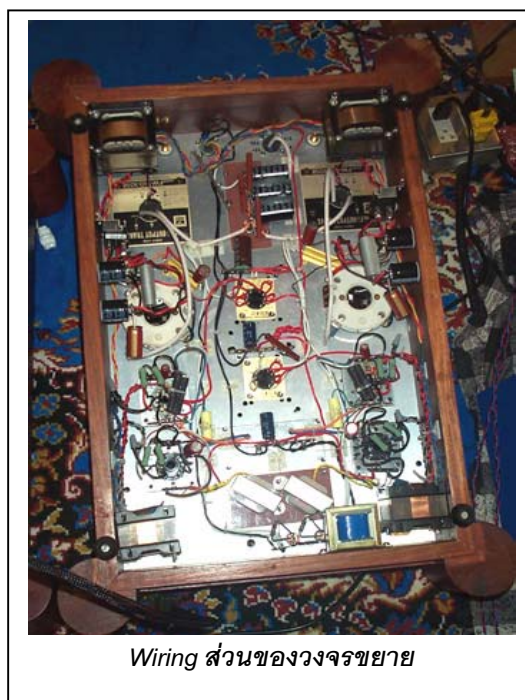


ภาค Driver Stage นี้ใช้ Interstage Transformer (IST) เป็น Load และเป็นตัว Coupling สัญญาณเข้าภาค Output ที่มี 211 ทำงานในจุดที่ B+ สูงกว่า 1000V อีกทั้ง IST ยังมีประโยชน์ในการ Isolate ภาค Driver ที่ใช้ไฟแค่ 300V ออกจากภาค Output ทำให้เกิดความปลอดภัยขึ้นมาก กรณีภาค Output เกิดมีปัญหา จะได้ไม่ลุกลามมายังภาคหน้า ผมได้เลือก Tango (Iso) NC-14 ที่มีค่า Impedance Ratio 5K : 5K, Turn Ratio 1+1:1+1 มาใช้ในงานนี้ วงจรนี้ยังใช้ Grid Choke 400H วางที่ Grid ของ 6L6 กำหนดจุด



ทำงานของ 6L6 ที่ B+ ประมาณ 300V กระแสเพลทที่ประมาณ 20mA โดยการ Bias ด้วย R Cathode ค่า 1.6K เช่นกันกับ EF12 ผมใช้ AC Filament ป้อนไส้หลอด 6L6 ครบ

สุดท้ายภาค Output ก็ใช้หลอด 211 ที่มี Tango (Hirata) FW-150-10SR เป็น Load และเพื่อ Couple ออกลำโพง OPT คู่นี้ ออกแบบให้มีค่า Primary Impedance 10K ซึ่งเหมาะกับหลอด 211 วงจรนี้กำหนดจุดทำงานของ 211 ที่ B+ ประมาณ 1000V กระแสเพลทประมาณ 45-50mA โดยการ Bias ด้วย R Cathode ค่า 1.2K เช่นกัน ผมใช้ AC Filament ป้อนไส้หลอด แต่คงเป็นที่หลอดผมเป็นหลอด Used จึงมี Hum ดังมากจนไม่สามารถรับได้ ในที่สุดจึงต้องเปลี่ยนไปใช้ DC Filament กับหลอด 211 แทน



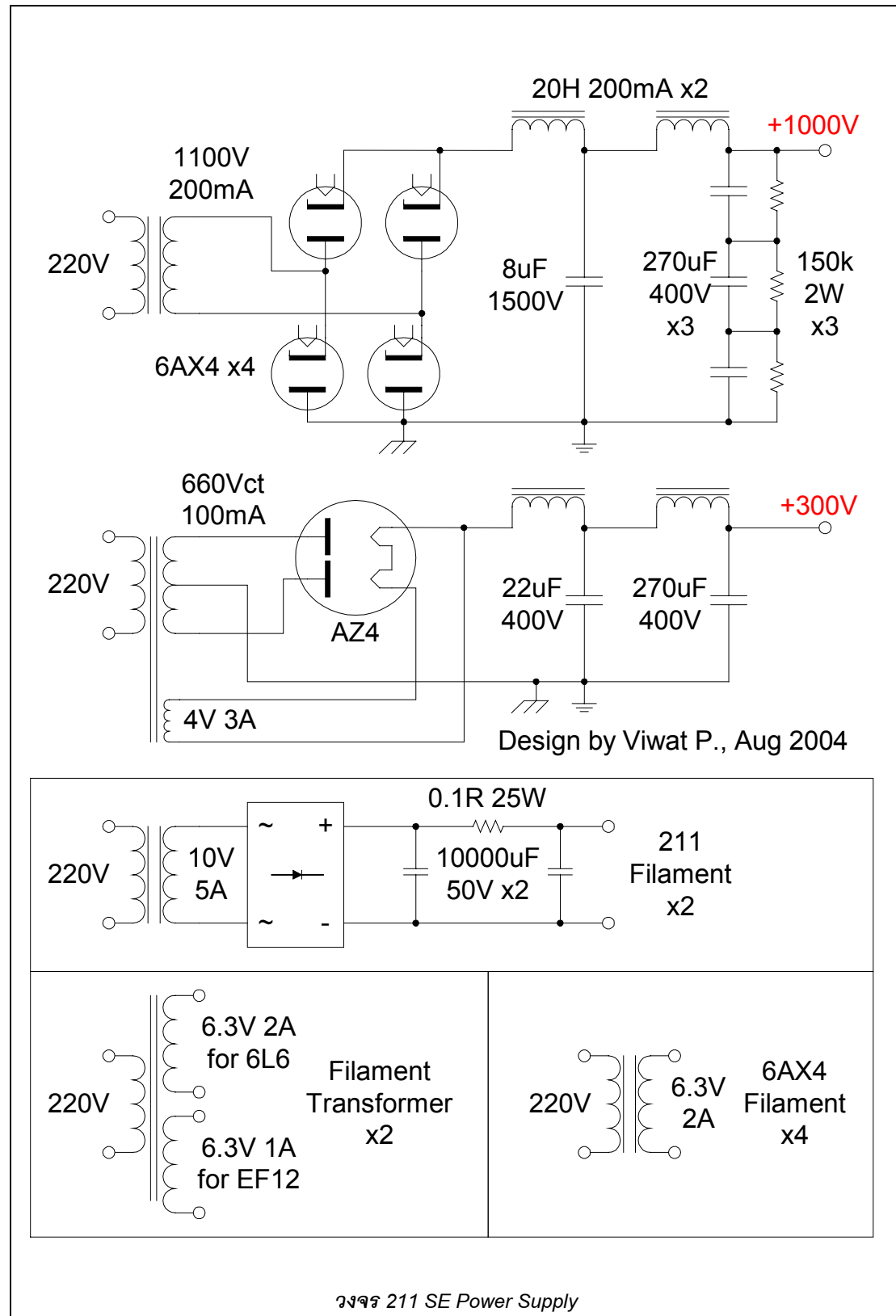
Power Supply Circuit

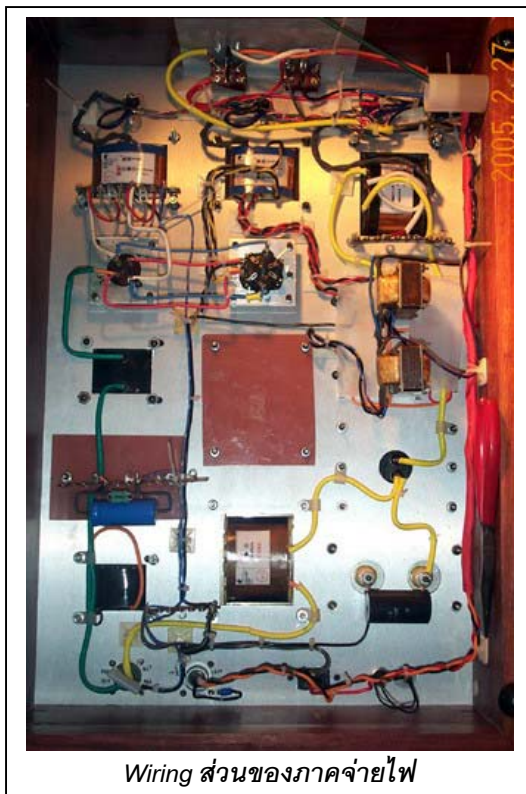
ผมเชื่อว่า คุณภาพเสียงที่เราได้ยินจาก Amp นั้น มาจากคุณภาพของ Power Supply ดังนั้นสำหรับ 211 SE เครื่องนี้ ผมจึงตั้งใจที่จะแยก Power Supply ของภาค Power ออกจากภาค Input และภาค Driver เป็นสองชุด เพื่อลด

สัญญาณรบกวนระหว่าง Stages โดยยังใช้ Tube Rectifier ในภาค Power Supply ทั้งสองชุด

ในภาค Output ผมใช้ Damper Diodes เนื่องจากสามารถทน Voltage ได้สูง นอกจาก

5R4GY กับ Damper Diodes ก็มองไม่เห็นว่าจะใช้หลอดอะไรที่สามารถทน Voltage ที่ระดับสูงได้ ส่วน Power Supply ของภาค Input และ Driver ก็ยังคงใช้ Tube Rectifier เช่นกันโดยเลือก AZ4





Wiring ส่วนของภาคจ่ายไฟ

ส่วน Filter สำหรับภาคจ่ายไฟทั้งสองชุด ก็ใช้เป็น Choke Input เพื่อจะคุมให้ Ripple อยู่ใน ระดับที่ต่ำเพียงพอ

ผมตัดสินใจแยก Power Supply Unit ออกจากแท่นแอมป์เพื่อลดน้ำหนัก เนื่องจากวงจร นี้ใช้หม้อแปลงหลายลูก เมื่อออกแบบครั้งแรกผม ตั้งใจให้มี Filament Transformer ป้อนแต่ละ หลอดแยกกันอย่างเด็ดขาดเพื่อลดการกวนกัน เมื่อ มีการดึงกระแสในช่วงทำงาน แต่ทั้งน้ำหนักและต้นทุนทำให้ผมได้แยกเฉพาะ Filament Transformer สำหรับหลอด 211 ส่วนภาคหน้าแต่ละหลอด ก็ได้ Filament แยกคนละ Tab ไม่ปนกัน

Test Drive 211 SE

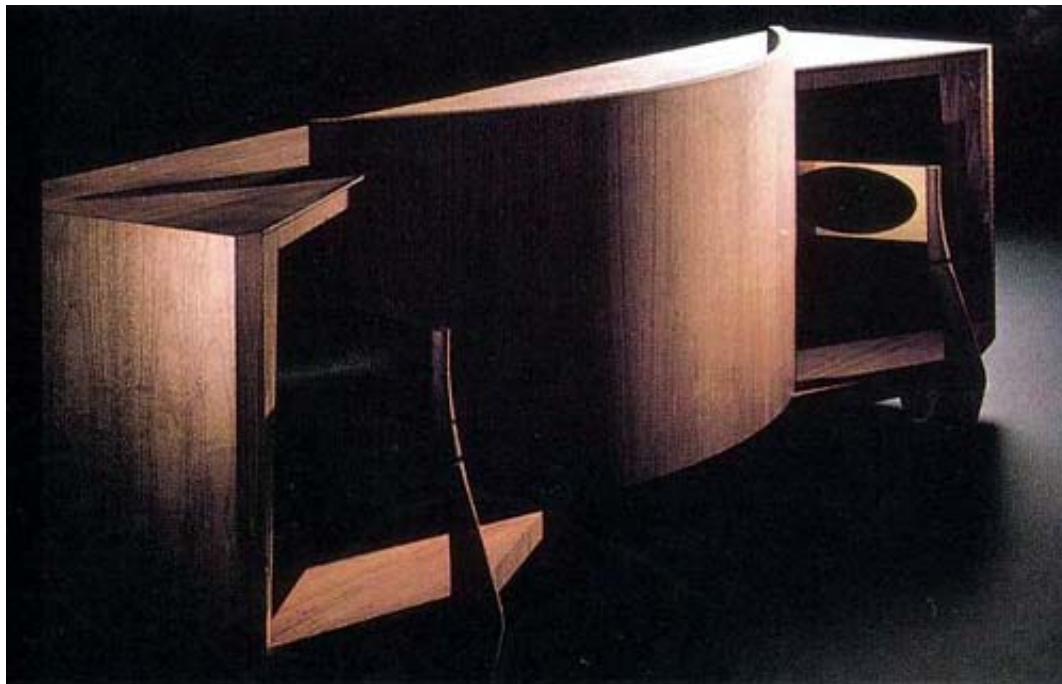
พื้นเสียงออกมาสะอาดมาก รายละเอียด ตามแบบฉบับ Hifi แต่คงความเป็น Musical ไปได้ คิดว่าคงมีผลมาจาก TFK EF12 ซึ่ง Dominate แอมป์ตัวนี้ Dynamic ก็มี แต่ยังไม่เต็มที่นัก ยังไม่ เหมือนกับที่ผมวาดไว้ในใจ ต้องทดลองเพิ่มเติมต่อ ครับ 211 SE Version นี้ยังมี Hum อยู่เนื่องจาก

ลำโพงของผมจัดอยู่ในชั้นไว้มาก แต่ที่แน่นอนคือ ปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจาก Ground Loop ซึ่งก็ได้ได้ ตรวจสอบปัญหา Ground จนแก้ไขเป็นที่น่าพอใจ

หลังจากที่ Burn-in ไปหลายชั่วโมง เสียง ก็เริ่มดีขึ้นเป็นลำดับ เพราะ EF11 ที่ผมได้มาเป็น หลอด NOS แต่ฟังได้ดีอยู่เพียงสองสามวัน อยู่ดีๆ เสียงก็หมดความสดใส เสียงไม่มีประกายไปเลยๆ ต้องปิดแล้วเปิดใหม่เสียงถึงจะดีเหมือนเดิม แต่ละ ครั้งที่เปิดเครื่องใหม่ เสียงจะหมดประกายเร็วขึ้น เรื่อยๆ จากได้ฟังเกือบ 2 ชม. เหลือแค่ 45 นาที เลย ลงมือวัดไฟทั้งระบบดู จึงได้พบว่าไฟจุดไส้หลอด EF11/12 แทนที่จะเป็น 6V ดันกลายเป็น 12V ทั้งๆ ที่หม้อแปลงที่ไปสั่งพัน มีสติกเกอร์ระบุว่าเป็นขด 6V ผมสับสนเพราะเองไม่ได้วัด Filament ทำให้ป้อนไฟ



AZ4 ใช้ Socket German Side-Contact
ซึ่งจะหายากซักหน่อยในบ้านเรา



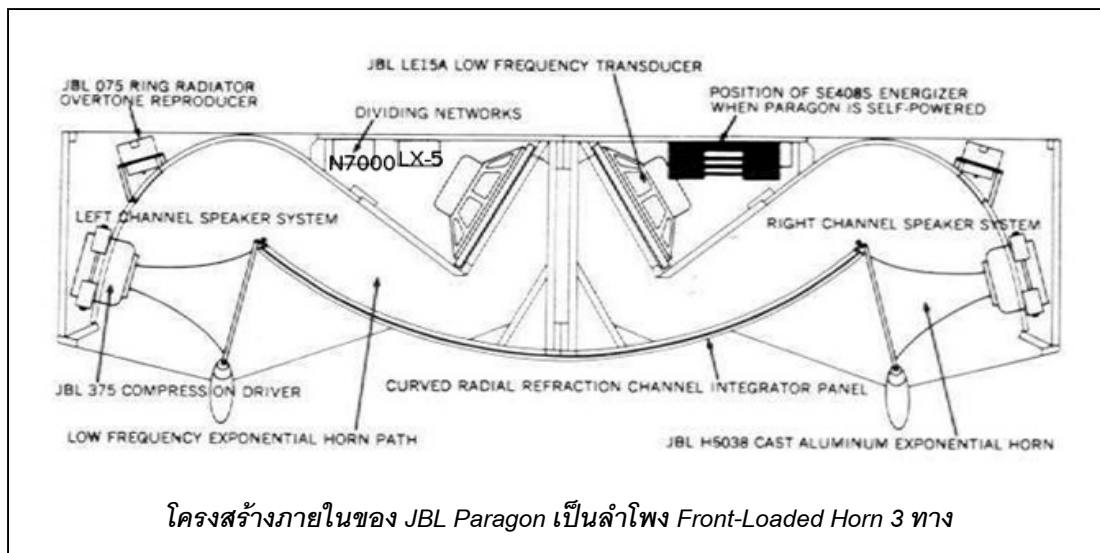
JBL D44000 Paragon

12V ให้กับ EF11/12 ซึ่งทำให้หลอดนี้เสียงดีเป็นพิเศษในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่ถึงอาทิตย์ เสียหายหลอดจัง เพราะหาหลอด NOS ยากทีเดียว ผมลองเอาหลอด Used EF12 ที่เคย Bid ได้มาใส่ เสียงก็ห่างจากที่ผมเคยได้ยินอย่างลิบลับ ทำไงดีละครับที่นี้เดือดร้อนไปถึงคุณสันติที่ได้กรุณาหา EF11 คู่แรกให้ผม ต้องหาหลอดให้อีกครั้ง แต่ปรากฏว่าหาไม่ได้ เจอแต่ EBF11 ซึ่งต้องเดินสาย Socket ใหม่ เพราะตำแหน่งขาไม่เหมือนกัน ผลคือเสียงออกมานุ่มนวลกว่าเดิม ความมีพลังในแบบหลอดเครื่องสูงจะลดลงไปพอสมควร แต่แน่นอนครับว่า อรรถรสของความเป็นดนตรีไม่ได้บกพร่องแต่อย่างใด

เมื่อได้ทดลองฟัง 211 SE ตัวนี้ กับลำโพง Paragon แล้ว ถึงแม้จะได้เสียงที่มีกำลังมากขึ้นกว่า 47 SE แต่ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก จนผมได้พูดคุยเรื่องนี้กับคุณสันติ อันเป็นที่มาของการปรับปรุงลำโพง Paragon และการทำลำโพงคู่ใหม่ Evell-F (อีฟยู-เอฟ) ซึ่งคุณสันติจะได้กล่าวถึงรายละเอียดทั้งการปรับปรุง Paragon และการสร้าง Evell-F ต่อไปครับ

Paragon VS Evell-F

JBL D44000 Paragon เป็นลำโพงที่ออกแบบโดย Richard Ranger ในปี 1957 ผลิตจำหน่ายเรื่อยมาจนถึงปี 1983 จึงเลิกการผลิต นับจากปีที่มีการผลิตสิ้นสุดลงถึงปัจจุบันเป็นเวลา 24 ปี กระนั้นความมีคุณค่าของลำโพง Paragon หาได้ลดทอนลงตามกาลเวลาที่ผ่านไปไม่ เนื่องจากนักเล่นเครื่องเสียงต่างยังคงแสวงหา เพื่อการสะสมผลงานลำโพงระดับ State of the Art ในราคาตัวที่สูงลิบลัว หากพูดถึงแนวทางคุณภาพเสียงก็ดูจะยังใช้งานไม่ประสบความสำเร็จมากนักกับ System เครื่องเสียงของคุณวิวัฒน์ นั่นทำให้เจ้าของลำโพงคู่นี้ดูจะร้อนกร้อนใจพอสมควร กับลำโพงชั้นเยี่ยมที่ยังฟังเพลงได้ไม่ถูกใจเสียที ในครั้งแรกที่ผมได้ฟังลำโพงคู่นี้ สิ่งที่ได้รับรู้ได้ชัดคือย่านเสียงกลางค่อนข้างเบลอ และออกจะไปทางที่บวมพอสมควร ย่านเสียงแหลมออกจะฟุ้งๆ แต่พอรับได้ ส่วนในย่านเบส แม้เสียงจะมีพลังกำลังที่เข้มแข็ง แต่กลับออกจะไปทางบวมเสียมากกว่า สิ่งหนึ่งที่มักจะทำกันเมื่อไปฟังลำโพง Paragon ก็คือ ถ้าคุณอยากฟัง



ให้ได้เสียงที่ดีที่สุด ผู้ฟังจะต้องนั่งกับพื้น เนื่องจากหากนั่งบนโซฟา ตำแหน่งหูจะอยู่สูงกว่าความสูงลำโพงเกือบเท่าตัว มันเป็นจุดการฟังที่พื้น Sweet Spot ไปแล้ว ในเมื่อสภาพการณ์เป็นเช่นนี้ ควรแล้วหรือ? ที่จะให้มันเป็นเพียงเฟอร์นิเจอร์ระดับบ้านเท่านั้น ทุกเรื่องราวมีเหตุผลความเป็นมาทั้งสิ้น ลำโพง Paragon ไม่ใช่ลำโพงที่ออกแบบมาเพียงเพื่อสุนทรียะด้านรูปลักษณ์เท่านั้น แต่มันกลับเป็น Design ที่นักเล่นเครื่องเสียงต่างต้องบอกว่า Mystique เลยทีเดียว ผมตั้งสมมติฐานการใช้งานลำโพง Paragon ที่ไม่ประสบความสำเร็จไว้ดังต่อไปนี้ครับ

ดูจากรูปผังลำโพง จะเห็นได้ว่าลำโพงนี้ออกแบบเป็น 3 ทาง โดยลำโพงแต่ละช่วงความถี่หันเข้าหากันด้วยมุมมองคาที่ต่างกัน ทั้งหมดเป็น Front-Loaded Horn สิ่งที่น่าสนใจที่สุดคือลำโพงเสียงกลาง ซึ่งเป็น Compression Driver ที่มี Horn ยิงเสียงเข้าไปยัง Curved Refraction Panel ผมคิดว่านี่คือหัวใจของการออกแบบลำโพง Paragon ด้วยเหตุผลประการแรก เนื่องจากลำโพงเสียงกลางมีการขยายสัญญาณผ่านปากฮอร์น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้กับงาน PA ลักษณะเสียงค่อนข้างพุ่งและแข็งกร้าว ผู้ออกแบบจึงน่าจะมุ่งหมายที่จะลดความกร้าวของเสียงลงบ้าง โดยให้สัญญาณเสียง

วิ่งไปกระทบกับแผ่นไม้ที่ด้านหน้าก่อน แล้วค่อยสะท้อนมายังตำแหน่งฟัง อย่างไรก็ตาม คุณผู้อ่านอาจสงสัยว่า สัญญาณเสียงที่วิ่งเข้ามาหาพื้นที่แผ่นไม้ จะไม่เกิดการผสมผสานสัญญาณระหว่างซ้ายกับขวามากเกินไปหรือ? ถ้าเราจะพูดถึง Efficiency ของลำโพงเสียงกลางคู่นี้แล้ว มันไวมากทีเดียว (111dB/W/m Without Horn) ดังนั้นโอกาสที่สัญญาณจะเข้าไปผสมผสาน หรือหักล้างกันย่อมเกิดขึ้นแน่นอน แต่นี่ก็อาจเป็นเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบอาจมีความตั้งใจที่จะให้เสียงจากลำโพงคู่นี้ ฟังดูคล้ายกับเป็น Mono หากเราย้อนกลับไปในปี 1957 ผมเชื่อว่า ความนิยมแผ่นเสียง Monophonic กับ Stereophonic คงจะได้รับความนิยมไม่ต่างกันนัก ถ้าเราจะตั้งสมมติฐานว่า เพลงร้องเป็นแผ่นเสียงที่ได้รับความนิยมที่สุด มันก็อาจสอดคล้องกับความคิดที่ว่า เสียงที่เราได้ยินจากเพลงร้องที่ดีที่สุดนั้น ควรจะมาจากลำโพงเพียงตัวเดียว ซึ่งมันจะเหมือนกับธรรมชาติของการร้องเพลงในความเป็นจริง ผมขอยกตัวอย่าง System ของคุณ Susumu Sakuma ปรมาจารย์แอมป์หลอดอีกท่านหนึ่ง ก็ใช้ลำโพงแบบ Mono 2 ทางต่อกับแอมป์หลอดที่เรียกว่า Two Channel Amp โดยมีการแบ่งความถี่ที่เฟาเวอร์แอมป์หลอดเลย ไม่มีการใช้ Crossover Network ที่ลำโพง และอีก

ท่านหนึ่งซึ่งเป็นนักเล่น Turntable อาวุโสในบ้านเราอย่างคุณปัทม์ ซึ่งผมต้องขอเสียมารยาทเอ๋ยนามท่านไว้ที่นี่ ท่านได้แนะนำน้องๆ ในวงการเสมอๆ ว่า แผ่นเสียงเพลงไทยที่ดีที่สุด ต้องเป็น



Component ใน JBL Paragon ประกอบด้วย
Woofer LE15A, Compression Driver 375,
Ring Radiator 075, Network N7000 and LX5

แผ่นที่บันทึกในระบบ Mono ย้อนกลับไปเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้ว ผมกับคุณยังได้มีโอกาสไปเยี่ยมเยียนคุณศักดิ์ณรงค์ ซึ่งท่านผู้นี้ นับว่าเป็นผู้ริเริ่มและบุกเบิกวงการ DIY แอมป์หลอดที่สำคัญผู้หนึ่งในบ้านเรา ท่านได้กรุณามอบหลอดเบอร์ 46 TungSol ให้หนึ่งคู่ เพื่อไปทดลองประกอบแอมป์เล่นกัน หลังจากนั้นเราจึงได้แวะไปที่บ้านคุณวรกานต์ ซึ่งเป็นอีกผู้หนึ่งที่โชคได้ครอบครองลำโพง JBL Paragon คุณยังได้ทดลองประกอบแอมป์ซึ่งก็เอนด์เบอร์ 46 อย่างง่ายๆ กับเอาท์พุท Tango U808 ด้วยความที่อยากทดลองฟังเร็วๆ จึงได้ทำเป็น Mono เพียงข้างเดียวก่อน โดยต่อฟังกับลำโพง Paragon ในครั้งนั้นเราได้ทดสอบกันด้วยแผ่น Keiko Lee ผมต้องยอมรับว่า นี่เป็นการฟังเพลงจากซีดีแผ่นนี้อ่อย่างยอดเยี่ยมทีเดียว เสียงร้องมีความเป็นธรรมชาติอย่างที่สุด หลังจากนั้นจึงต่อเป็น Stereo ผลที่ได้กลับแปลกไปจากที่คาดหวัง บางสิ่งบางอย่างดูเหมือนจะหายไป แต่ยังคงความเป็นเอกลักษณ์เสียงกลางที่ดีอยู่ ความเป็นธรรมชาติของเสียงกลางยังสู้ Mono ไม่ได้ สิ่งที่ผมได้เล้ามาทั้งหมดนี้ ความเป็นไปได้บางอย่างที่บ่งชี้ว่า ผู้ออกแบบตั้งใจจะให้ลำโพงคู่นี้ ถ่ายทอดสัญญาณเสียงออกมาให้มีความเป็น Musicality มากที่สุด โดยยังยึดติดอยู่กับแพ้นการฟังเพลงในแบบเก่า ก็คือระบบ Mono แต่ด้วยเหตุจำเป็นที่ต้องออกแบบรองรับกับระบบ Stereophonic จึงต้องดีไซน์ลำโพงให้เป็น Stereo ดังนั้นในทาง Physical แล้ว ไม่มี ความจำเป็นใดที่ต้องปรับแต่งตัวตู้ เพื่อให้มันดีขึ้น เพราะมันอาจไม่ได้ดีขึ้น และมันอาจทำให้ความงามอย่างมีคุณค่าถดถอยลงไป ทางออกที่ดีที่สุดในเบื้องต้นคือ ให้มันเป็นอย่างที่มีมันเป็น อย่างที่ผู้ออกแบบอยากให้มันเป็น สมมติฐานที่ได้กล่าวมานี้มีความสอดคล้องกับเอกสารของ Richard Ranger ซึ่งผมเองได้มีโอกาสศึกษาเอกสารของคุณ Ranger ในเวลาต่อมา สิ่งที่ผมเข้าใจคลาดเคลื่อนไป คงมี

เพียงวัตถุประสงค์ของคุณ Ranger โดยแท้จริงนั้น ตั้งใจออกแบบลำโพงคู่นี้ ให้รองรับกับระบบ Stereophonic อย่างเต็มรูปแบบ โดยมีจุดขายอยู่ที่ คุณภาพเสียงที่มีความเป็น Stereo ซึ่งมีความเป็น สามมิติยิ่งกว่าลำโพงใดในยุคสมัยเดียวกัน แม้ในเวลาต่อมาลำโพง Paragon จะถูกแทนที่ด้วย ลำโพงรุ่น Everest D55000 และ D66000 ทาง JBL เองก็ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก ในทาง กลับกัน ลำโพง Paragon ก็ยังเป็นทีกล่าวขวัญถึง คุณภาพเสียงที่ลำโพงรุ่นหลังยังไม่อาจเทียบชั้นได้ อยู่เรื่อยมา มีเรื่องเล่ากันว่า Frank Sinatra และ Dean Martin ต่างก็มีลำโพง Paragon ถึง 3 ชุด โดยใช้งานเป็น ชุดซ้าย-ชุดกลาง-ชุดขวา ต่อใช้งาน กับเครื่องเล่นเทปแบบ 3 Tracks เพื่อที่จะสามารถ Monitored คุณภาพเสียงได้อย่างมีคุณภาพที่สุด⁽⁴⁾

กับคุณภาพเสียงของลำโพง Paragon ของคุณวิวัฒน์ที่ดูจะต่ำกว่าชื่อชั้นนั้น บางทีอาจ เกิดจากองค์ประกอบอื่นๆ ของลำโพงก็เป็นได้ เพราะลำโพงชุดนี้ผ่านการใช้งานมารวม 20 กว่าปี เมื่อลองพิจารณาถึงสิ่งที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด ประการหนึ่งก็คือ การเสื่อมสภาพขององค์ประกอบ ในวงจร Crossover วงจรตัดแบ่งความถี่โดยทั่วไป มักประกอบด้วย L-C-R ซึ่งตัวที่ต้องเสื่อมอย่างแน นอนตามอายุการใช้งาน ก็คงเป็น Capacitor นั้น เอง แม้ตัว Capacitor จะถูกวัดแล้วยังได้ค่าเดิมที่ ตรงตาม Spec ในวงจร แต่การวัดด้วย LCR มิเตอร์นั้น ก็ไม่ได้รับรองว่าในขณะที่ใช้งานจริงมัน จะคงความสามารถในการกรองความถี่ได้จริงหรือไม่ ในที่สุดหลังจากโครงการลำโพง Evell-F เสร็จ ลั่นลง คุณวิวัฒน์ไม่ลังเลใจเลย ที่จะเดินหน้าปร บปรุงวงจรตัดแบ่งความถี่ของลำโพง Paragon โดย ทำการเปลี่ยน Capacitor ทั้งหมดในวงจร Crossover Network ใหม่ Capacitor เดิมที่ใช้อยู่นั้น เป็นแบบ Paper type ส่วน Capacitor ใหม่ที่ นำมาเปลี่ยนในครั้งนี้ เป็นยี่ห้อ Axon MKP Type



Capacitor for Speaker จาก Axon

ซึ่งให้น้ำเสียงที่สะอาด, ราบเรียบ และเป็นธรรมชาติ พร้อมกับรายละเอียดเสียงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี มาก ข้อดีประการหนึ่งของ Axon คือ มันไม่มีเอก ลักษณะเสียงที่หนักไปในทางใดทางหนึ่งมากเกินไป และไม่น่าแปลกใจนัก เมื่อผลที่ออกมาได้แก้ปัญหา ข้อใจ ของผู้เป็นเจ้าของลำโพงคู่นี้อย่างไม่ยากเย็น เสียงในทุกๆ ย่านกลับเข้าที่เข้าทางอย่างเหมาะสม แม้ในช่วงแรกจะมีความวิตกกังวลบ้างเล็กน้อย ใน เรื่องเสียงกลางว่าจะต่างไปจากเดิมมาก หลังจากที่ ใช้เวลาค่อยๆ ฟัง ค่อยๆ เบิร์น นานร่วมเดือน เสียง กลางเริ่มเข้าที่ โชว์ความเป็น Paragon ได้ในแบบที่ อาจฟังดูทันสมัยกว่าเดิมบ้าง แต่ก็ไม่ถึงกับเกินเลย ไปนัก ส่วนในย่านเสียงแหลมก็แพรวพราวสมกับที่ เป็น Driver JBL 075 ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในวงการ ว่านี่คือ Tweeter ที่ดีที่สุดตัวหนึ่งเท่าที่เคยมีมา ใน ส่วนของเสียงเบสนั้น ก็ให้ Definition ที่สมบูรณ์ กว่าเดิมครับ อย่างไรก็ตาม ผมคิดว่าลำโพง Paragon เป็นลำโพงที่เป็น Old Fashioned คุณ ภาพเสียงเบสไม่เหมือนกับลำโพงเบสในยุคปัจจุบัน เสียงเบสจากลำโพงคู่นี้ แม้จะให้เสียงที่ใหญ่แต่ก็ เกือบตัวเร็ว การปรับปรุงในส่วนวงจรตัดแบ่งความถี่ นี้ นอกจาก Capacitor แล้ว ยังมีคอยล์และตัวต้าน ทานซึ่งจะยังคงสภาพเดิมไว้ก่อน เพื่ออนุรักษ์แนว ทางเสียงให้ยังมีเค้าต้นฉบับเดิมต่อไป

ประเด็นปัญหาพื้นฐานของ Paragon ก็ เป็นอันเข้าใจและแก้ไขปรับปรุงไปบางส่วนแล้ว สิ่ง ที่ควรนำมาพิจารณาต่อเนื่องกันไป จะได้ขยาย ความเรื่องการฟังเพลงจากลำโพงคู่นี้ว่าเป็นอย่างไร มีข้อที่ต้องนำมาพิจารณาอยู่อีก 2 ประการ ดังนี้

1. ตำแหน่งการฟังลำโพง Paragon ซึ่งมี Sweet Spot ที่ค่อนข้างต่ำดังที่กล่าวมาในตอนต้นแล้ว โซฟาแบบมาตรฐานทั่วไปตามบ้านเรือน คงไม่เหมาะนักกับการนั่งฟังเพลงจากลำโพงคู่นี้ ถ้าเราดูจาก Catalog ของ JBL จะเห็นชัดว่า ขนาดเก้าอี้ที่ใช้ฟังค่อนข้างต่ำทีเดียว เมื่อตำแหน่งการฟังไม่เหมาะสม Sound Stage จึงฟังดูเหมือนต่ำ และมีมิติที่ผิดรูปร่างไป



2. ลักษณะ Sound Field ของลำโพง Paragon เป็นอย่างไร มีเพียงลำโพงเสียงกลางที่อยู่นอกตัวตู้ ส่วนเสียงแหลมและเบสอยู่ในตู้ ด้วยความตั้งใจของผู้ออกแบบที่จะให้เกิด Sound Field ที่ด้านหน้าเป็นหลัก ลำโพงคู่นี้จึงสามารถที่จะวางให้ชิดผนังด้านหลังได้ เพราะถึงแม้จะวางห่างจากผนังออกมา ก็จะได้ Sound Stage ในทางด้านลึก เหมือนอย่างกับลำโพงในยุคปัจจุบัน ลักษณะตู้ที่ค่อนข้างใหญ่มากและซ่อน Driver ไว้ในตัวตู้เอง จึงทำให้ลำโพงคู่นี้ขาดมิติอย่างที่ลำโพงร่วมสมัยทำได้ โดยเฉพาะมิติด้านสูงและความลึก แต่นั่นก็ไม่ได้หมายความว่า เสียงที่เราได้ยินในสเตจด้านหน้าลำโพงนั้นจะแบนเป็น 2 มิติ มันมีความเป็นสามมิติอย่างชัดเจน และโดดเด่น

มากับเสียงร้องที่ฟังกลมกลืนกันระหว่าง Channel จนคล้ายกับเป็น Mono

เมื่อพิจารณา Requirement ของดนตรีแบบ Classical กับลำโพง Paragon แล้ว ในเอกสารของ JBL ที่ Richard Ranger ได้เขียนไว้ ซึ่งมีอยู่ตอนหนึ่ง ที่กล่าวถึงการทดลองฟังเพลง Classical กับลำโพง Paragon ไว้ดังนี้

"The illusion of a "Solid" three-dimensional sound field, made possible by the integrated stereophonic speaker system, is appreciated by both audio engineers and musicians. During one of our early demonstration a composer dropped in. We were playing the RCA stereo recording of Richard Strauss' imposing Also Sprach Zarathustra. He said he got a keener appreciation of all the instrument of the orchestra than if he heard it in Carnegie Hall where he had been the night before."⁽⁵⁾ ไม่ว่าเรื่องนี้เป็นเรื่องจริงหรือไม่อย่างไร จากการทดลองฟังเพลง Classic ดูเหมือนจะยังขาดความสมบูรณ์แบบตามมาตรฐานไฮไฟปัจจุบัน เพราะลำโพง Paragon จะสร้าง Sound Field ทางด้านหน้าเท่านั้น มิติของความสมจริงดูจะขาดหายไปพอสมควรทีเดียว เมื่อพิจารณาถึงลำโพงปัจจุบันที่แยกตู้ซ้าย-ขวาจากกัน โดยที่ตัวตู้มีขนาดปริมาตรที่ไม่ใหญ่มากนัก ดีไซน์ลำโพงร่วมสมัยน่าจะตอบสนองการฟังดนตรีที่มีความซับซ้อนได้ดีกว่า โดยเฉพาะในเทอมของความเป็นไฮไฟ ที่ศักยภาพของดอลบี ลำโพงรุ่นใหม่ทำได้ดี ไม่ว่าจะเป็น Image, Ambient, Soundstage ด้านกว้าง-ด้านลึก-ด้านสูง และการแยกแยะภายในสเตจ เป็นต้น อีกทั้งยังมีความสามารถรองรับกับแนวเพลงที่หลากหลายได้ เพราะคำติสทอริชั่นที่ต่ำ นี่จึงเป็นจุดเริ่มต้นของ Project ลำโพง Evell

ลำโพง Evell⁽⁶⁾ เป็นลำโพงที่เรียกได้ว่าเป็น 2.5 Ways นั่นคือ มีเสียงแหลมและกลางนับเป็น 2 ทาง แล้วบวกกับ Woofer อีก 0.5 นับเป็น 2.5 ทาง ก่อนที่จะพูดถึง Evell ในรายละเอียด อยากเรียนให้ท่านผู้อ่าน ได้ทราบในเบื้องต้นก่อนว่าลำโพง Evell นั้น ถูกพัฒนามาจากลำโพง Andromeda⁽⁷⁾ ออกแบบโดย Tony Gee ซึ่งเป็นลำโพง 2.5 Ways ที่ประกอบด้วย Tweeter : Focal TC120Tdx2, Mid-Bass : Scanspeak 18W8545, Woofer : Focal Audiom 13KX Driver เสียงแหลมและ Midbass อยู่ในตู้บนด้วยกัน ทำงานเป็นลำโพง 2 ทางในระบบตู้ปิด ด้วยวงจรตัดแบ่งความถี่แบบ Series Crossover ส่วน Driver เบสอยู่ในตู้ด้านล่าง ทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่ย่านต่ำเพิ่มเติม โดยทำงานในระบบตู้เปิดคือมีพอร์ทสำหรับความถี่ต่ำ ลักษณะที่โดดเด่นของ Andromeda ที่น่าสนใจได้แก่

วงจรตัดแบ่งความถี่เป็นแบบ Series Crossover เริ่มเป็นที่นิยมตั้งแต่ปี 2000 เป็นต้นมา ในเว็บไซต์ LC Audio⁽⁸⁾ ได้กล่าวถึงข้อดีของ Series Crossover ไว้ว่า

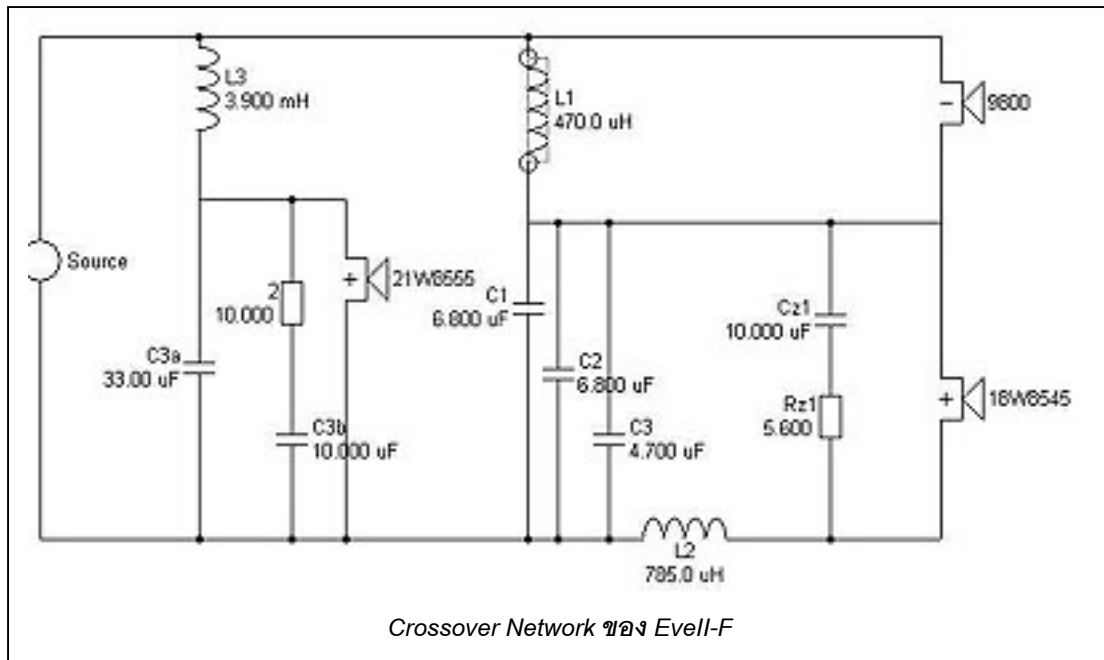
- It is phase linear in the x-over region.
- It allows perfect pulse reproduction from Bass / Midrange frequencies.
- It performs a firm and fast bass response, that 24dB filters come short of.
- It's cheap and easy to build.
- It plays Music!.

Tony Gee ได้อธิบายไว้ในเรื่องลำโพง Andromeda ดังนี้ วงจรแบบขนานนั้น มีข้อเสียคือ Driver แต่ละตัวมีวงจรของตัวเองแยกจากกัน ดัง



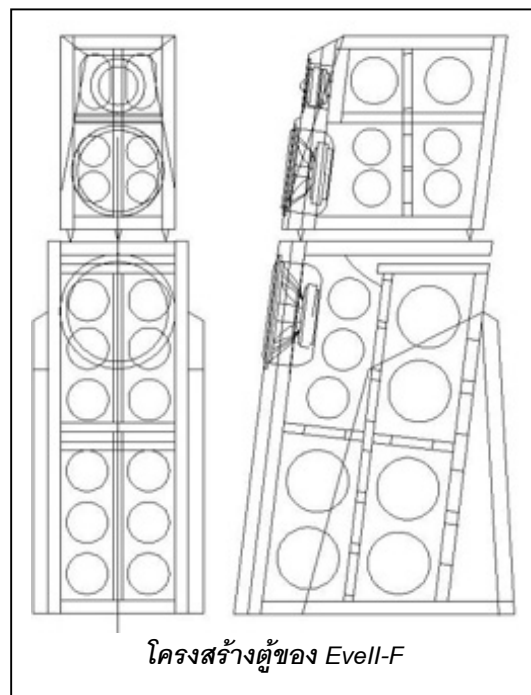
Evell-F ใน System ของคุณวิวัฒน์

นั้น ระดับแรงดันสัญญาณที่ตกคร่อม Driver แต่ละตัวในคาบเวลาจึงมีความแตกต่างกัน นี่จึงเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางเฟส ซึ่งทำให้เกิดผลตามมาใน 2 ลักษณะคือ เสียงบริเวณจุดตัดแบ่งความถี่อาจซ้อนเหลื่อม (Overlap) กันมาก หรือในทางกลับกัน เสียงในบริเวณตัดแบ่งความถี่อาจถอยออกไปจากจุดนั้น (Underlap) แม้ในทางการวัดการตอบสนองย่านความถี่ จะยังเห็นช่วงความถี่เรียบเสมอกัน แต่ความคลาดเคลื่อนทางเฟสก็เกิดขึ้น



ในวงจร Series Crossover นั้นจะเห็นได้ว่า Driver เสียงแหลมและเสียงกลางหรือ Mid-bass จะต่ออนุกรมกันอยู่ ดังนั้นระดับแรงดันสัญญาณตกคร่อมทั้งหมด จึงเป็นระดับแรงดันสัญญาณอันเดียวกัน และเป็นระดับแรงดันที่เท่ากับ Amplifier นอกจากนั้นการที่ Driver ต่ออนุกรมกัน มันจึงมีเฟสที่สอดคล้องกันอย่างมากที่สุด ข้อดีที่น่าสนใจอีกประการหนึ่ง สำหรับนัก DIY แอมป์หลอด ก็คือ Order ที่นิยมใช้กันใน Series Crossover มักจะเป็น Order ต่ำ ได้แก่ 1st-2nd Order เป็นส่วนมาก ซึ่งนั่นก็ค่อนข้างง่ายในการสร้างวงจร อีกทั้งยังมีค่า Insertion Loss ที่ต่ำ ความสูญเสียกำลังงานในวงจรตัดแบ่งความถี่จึงไม่มาก แอมป์หลอดที่กำลังขับไม่มาก ก็สามารถใช้งานได้ดีกับลำโพงที่ใช้วงจร Series Crossover และในส่วนของ การปรับแต่งวงจร Series Crossover นั้นก็ค่อนข้างง่าย เพียงเราเปลี่ยน Capacitor หรือ Inductor เพียงตัวใดตัวหนึ่ง ความถี่ ณ จุดตัดนั้นจะถูกเลื่อนออกไปทันที ยกตัวอย่างเช่น หากเราเปลี่ยน Capacitor เพื่อเคลื่อนความถี่จุดตัดให้สูงขึ้น ในขณะเดียวกันความถี่จุดตัดของ Mid-bass ก็จะเปลี่ยนตามไปด้วยทันที

โครงสร้างตู้ Tony Gee ได้ออกแบบตัวตู้เป็น 2 ตู้ คือตู้บนที่มี Driver Tweeter และ Mid-bass อยู่ด้วยกัน โดยแผ่นหน้าของตู้บนมีความลาดเอียงให้ผลทางด้าน Time Alignment ซึ่งก็มีข้อดีตรงที่ ไม่ต้องมาทำการปรับความไวของการตอบสนองย่านความถี่เสียงกลาง-แหลมให้ยุ่งยาก และอาจจะสูญเสียคุณภาพเสียงไปด้วย สำหรับตู้ล่างเป็นตู้สำหรับ Woofer หรืออาจจะเรียกว่า Sub Woofer ก็ได้ ข้อดีของการแยกตู้ออกจากกัน อย่าง





โครงสร้างแบบ Matrix Bracing

น้อยเราจะพบว่า มันช่วยลดการรบกวนของย่านความถี่ต่ำผ่านโครงสร้างตัวนั่นเอง ยิ่งเมื่อดู Spec ลำโพง Focal Audiom 13KX แล้ว ยิ่งมีความน่าสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจาก Driver รุ่นนี้ นับว่าเป็น Bass Driver ที่ดีที่สุดในโลกรุ่นหนึ่งเลยก็ว่าได้ ส่วน Focal 120Tdx2 ก็เป็น Driver เสียงแหลมแบบ Titanium Dome ที่พัฒนามาจากรุ่น 120Tdx ที่โด่งดังมากในทศวรรษที่ 90 ใช้อยู่ในลำโพงระดับ Flag Ship หลายๆ ค่าย ส่วน Scan Speak 18W8545 ก็เป็น Driver ที่เป็นที่นิยมใช้กันในลำโพงชั้นนำหลายตัว เมื่อพูดถึงเรื่องตัวตู้แล้ว มีอีกสิ่งหนึ่งที่ไม่อาจมองข้ามไปก็คือ เรื่อง Bracing หรือวิธีการเสริมตัวตู้ให้แข็งแรง ลดอาการสั่นกระพือนั่นเอง แต่ลำโพง Andromeda ไม่ได้ใช้แค่ Bracing ธรรมดา แต่เป็น Matrix Bracing ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทลำโพง B&W ข้อดีของการใช้ Matrix Bracing ช่วยให้ Air Flow ในตัวตู้เกิดความสมดุลกัน จึงสามารถลดค่า Q ของตัวตู้ลงไปได้มาก การสั่นกระพือของตัวตู้จะมีน้อยมาก แม้กระทั่งในตู้บนก็ใช้เทคนิค Matrix Bracing เช่นกัน ดังนั้นเสียงที่ได้จากลำโพงจึงหมดจด ปราศจากเสียงรบกวนจากตัวตู้

ในปี 2001 Edgar Beers ได้สร้าง Evell โดยถอดแบบความคิดมาจาก Andromeda และปรับปรุงเป็น Final Version ในปี 2002 การ DIY ลำโพง Evell ครั้งนี้ยึดเอา Final Version เป็นหลัก เรียกว่า Evell-F สิ่งที่ Evell-F ต่างจาก Andromeda ก็คือ ตัวเลือก Driver ที่นำมาประกอบกันเป็นลำโพง 2.5 Ways นั่นเอง Driver เสียงแหลมของ Evell-F คือ Scan Speak D2904/9800 เป็นชนิด Aluminum Dome Driver Mid-bass ยังคงเป็น Scan Speak 18W8545 และ ลำโพง Woofer เป็น Scan Speak 21W8555

เมื่อพูดถึงความแตกต่างเรื่อง Driver แล้ว แต่เดิม Andromeda ใช้ Tweeter ของ Focal 120Tdx2 ซึ่งเป็น Titanium Dome ถึงแม้จะเป็น Driver ที่ได้รับความนิยมมากอีกรุ่นหนึ่ง สำหรับผู้ผลิตลำโพงแบรนด์เนม สิ่งหนึ่งที่เรควรให้ความสนใจคือ ลำโพงที่เป็น Titanium แม้จะมีความแกร่งและน้ำหนักเบา (หนักกว่า Aluminium) แต่ก็มักจะมีอาการ Resonance ซึ่งทำให้มีเสียงรบกวนออกมาเสมอหากถูกใช้งานอย่างไม่เหมาะสม และทางผู้ผลิตลำโพงแบรนด์เนม ก็จะต้องดัดแปลงหรือ Modify บางอย่างใน Driver เพื่อลดความยุ่งยากในวงจรตัดแบ่งความถี่ เมื่อ Edgar Beers ได้ DIY



Scan Speak D2904/9800

Evell เวอร์ชันแรกขึ้นมา โดยใช้ Driver เสียงแหลม เป็น Scan Speak D2905/9700 ซึ่งเป็น Silk Dome ตัววัสดุทำจากผ้าไหมที่ได้นำมาเพื่อ ให้คงรูป ความพิเศษของ Soft Dome คือ น้ำเสียงที่ นุ่มนวลและมีความละเอียดละไมชวนฟัง อย่างไรก็ตาม โครงสร้างแบบ Soft Dome ดูเหมือนจะมี Coloration ที่ค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับประเภท โดมโลหะ ดังนั้นในเวอร์ชัน Final Edgar Beers จึง เปลี่ยนไปใช้ D2904/9800 ซึ่งเป็น Aluminium Dome แทน

จากการทดลองฟัง Driver 9800 เป็น เรื่องที่น่าทึ่งว่า ลำโพงโดมโลหะกลับมีความนุ่ม นวลละเอียดละไม และให้รายละเอียดเสียงที่พลีว เป็นประกายยิ่งกว่ารุ่นซอฟต์แวร์โดมเสียอีก แม้กระทั่ง ในย่านความถี่ต่ำของเสียงแหลม ก็ลงมาได้ลึกจน เรียกได้ว่า มันสามารถที่จะเข้ามาเติมเสียงกลาง ย่านบนได้อย่างยอดเยี่ยม เป็น Driver ที่สมควรได้ รับการแนะนำสำหรับทุกโครงการ อย่างไม่มีข้อ เคลือบแคลงสงสัยในเรื่องคุณภาพเสียงครับ



18W8545 กล่าวได้ว่าเป็นลำโพงที่คุ้นหู นักเล่นเครื่องเสียงในบ้านเราเป็นอย่างดี เพราะมัน คือ Mid-bass Driver ในลำโพงยอดนิยมอย่าง

Proac Response 2.5 อันโด่งดังจากประเทศ อังกฤษนั่นเอง ความสำเร็จของ 2.5 ก็เนื่องมาจาก ลักษณะเสียงกลาง ที่ปราณีตเข้ากันได้กับแอมป์ หลอดเป็นอย่างดี จึงได้รับความนิยมเรื่อยมาจาก นักเล่นแอมป์หลอด Cone Material ของ Driver รุ่นนี้ เป็นเส้นใยคาร์บอนในโคนกระดาษ แล้วขึ้นรูป ด้วยเทคนิค Papier Mache ซึ่งเราจะเห็นได้จาก ลักษณะเส้นใหญ่บ้างเล็กบ้าง เป็นรอยนูนขึ้นมาไม่ เสมอกัน สำหรับนัก DIY ลำโพงที่เน้นเรื่องคุณภาพ เสียงไฮไฟเป็นพิเศษ มักจะไม่เลือกโคนกระดาษมา ใช้งาน เนื่องจากลำโพงโคนกระดาษนั้นแม้จะมี มวลไม่มากนัก แต่ก็มีลักษณะของการ Absorb พลังงานไว้ค่อนข้างมาก ผลที่เกิดขึ้นจึงทำให้ค่า Second Harmonics มีค่าค่อนข้างสูง และอาจทำ ให้รายละเอียดของเสียง ไม่สามารถถูกปลดปล่อย ออกมาได้อย่างเหมาะสม สำหรับ 18W8545 คงจะ มีปัญหาเพียงประการเดียวคือค่า THD ในภาพรวม อาจสูงกว่าค่าเฉลี่ยของลำโพงชั้นแนวหน้าบ้าง ซึ่ง ท่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากผลการทดสอบ ของ Mark K.⁽⁹⁾ ส่วนผลในการทดลองฟังนั้น ก็ไม่ พบว่ามีข้อด้อยในเรื่องรายละเอียดเสียงที่บกพร่อง แต่อย่างใด นั่นอาจเป็นเพราะความสำเร็จของการ ออกแบบแม่เหล็กขับ Voice Coil ชั้นเยี่ยม SD-1 นั่นเอง ถึงแม้จะเป็นแม่เหล็กชนิด Ferrite แต่มัน สามารถขับวอยซ์คอยล์ได้อย่างมีความเป็นเชิงเส้น นัก DIY ส่วนใหญ่มักเข้าใจโดยผิวเผินว่า ต้องแม่ เหล็กที่มีกำลังแรงมากเท่านั้น จึงจะขับวอยซ์คอยล์ ได้เสียงดี โดยเฉพาะสำหรับผู้ที่ยื่นยืมลำโพง Fullrange ซึ่งลำโพงชนิดนี้มักจะใช้แม่เหล็กชนิด AlNiCo หรือ Neodymium สิ่งหนึ่งที่เราควรทำ ความเข้าใจก็คือ เมื่อแม่เหล็กมีกำลังที่แรงมาก มัน ย่อมส่งผลให้การขับลำโพงไม่มีความเป็นเชิงเส้นที่ ดี อาจเป็นเพราะกำลังที่แรงเกินไป นั่นจึงเป็นผลให้ ลำโพง Fullrange ชื่อดังบางยี่ห้อ มีกราฟความถี่ ตอบสนอง โดยเฉพาะในเสียงกลางที่โด่งล้ำผิด

ปกติจากระดับ SPL เหลือ หากลำโพง Fullrange นั้น ใช้เพื่อการฟังเพลงที่เน้นย่าน Mid Band เป็นหลัก เราอาจไม่รู้ลึกถึงความผิดปกติ แต่เมื่อได้ทดลองกับแนวเพลงที่หลากหลาย เราจะสังเกตได้ถึงความไม่ราบเรียบของย่านความถี่ ปัจจุบันแม่เหล็กชนิด AlNiCo ยังนิยมใช้กับลำโพง Fullrange อยู่ เพราะว่ามันได้กลายมาเป็นเอกลักษณ์เสียงในแบบเฉพาะ ที่นัก DIY แอมป์หลอดชื่นชอบ ส่วนแม่เหล็กชนิด Neodymium มักนิยมใช้กับลำโพง PA เป็นส่วนใหญ่ เพราะมันสามารถที่จะขับลำโพงที่มวลค่อนข้างหนักได้ดี ตลอดจนนิยมใช้กับลำโพงเสียงแหลมหรือ Mid-bass ที่ต้องการลดขนาดและน้ำหนักของดอกลำโพง โดยการใช้แม่เหล็ก Neodymium ในขนาดปริมาณที่เหมาะสม เช่นในลำโพง Tweeter รุ่นใหม่ของ Seas, Scan Speak และในลำโพง Mid-bass ของ Morel เป็นต้น



สำหรับ Driver เบส 21W8555 ก็เป็นลำโพงในซีรีส์เดียวกับ 18W8545 มีเทคโนโลยีแม่เหล็ก SD-1 และโครงสร้างองค์ประกอบแบบเดียวกัน หากจะเปรียบเทียบ Driver Evell-F กับ Andromeda แล้ว จะเห็นถึงความได้เปรียบอย่างหนึ่งของ Evell-F นั่นคือ Driver ทั้งหมดเป็น Scan Speak โดยเฉพาะ Mid-bass และ Bass Driver

เป็นซีรีส์เดียวกัน มันจึงย่อมการันตีถึงแนวทางเสียงที่สอดคล้องกันตลอดย่านความถี่ ถึงแม้ว่าวงจรตัดแบ่งความถี่ของ Bass Driver จะเป็นแบบขนานทำงานในระบบตู้แบบปิด ที่แยกออกมาจากชุดวงจรอนุกรมในตู้บ้นก็ตาม แต่มันก็ทำหน้าที่เพียงการเติมเต็มความถี่ย่านเบสเท่านั้น จึงเรียกว่าเพิ่มเข้ามาอีก 0.5 Ways ซึ่งแตกต่างจากลำโพง 3 Ways ที่นับย่านเบสเป็นอีก 1 Way เพราะย่านเบสของลำโพง 3 ทางจะมีปฏิสัมพันธ์กับ Midrange Driver มากกว่านั่นเอง ข้อดีอีกประการหนึ่งของการแยกวงจรตัดแบ่งความถี่ย่านเบสออกมาก็คือ ความสะดวกในการขับลำโพงแบบ Bi-amp โดยสามารถที่จะเลือกขับลำโพงเบสด้วยแอมป์ Solid State ก็ได้

การ DIY Evell-F ในครั้งนี้ ได้ยึดเอาแนวทางตามแบบต้นฉบับของ Edgar Beers ทุกประการ ไม่ว่าจะเป็นแบบตู้, การทำ Bracing, การแดมป์ภายในตู้ลำโพง ในส่วนรายละเอียดของวงจรครอสโอเวอร์และการไวรั้งจะขอละไว้ เนื่องจากเป็นเรื่องรายละเอียดที่ผู้ประสงค์จะสร้างลำโพงชุดนี้ควรได้ทดลองด้วยตัวเอง

หากว่าจะสรุปถึงผลในด้านคุณภาพเสียงจากลำโพงคู่นี้ กับโจทย์ที่เป็นเพลง Classic ก็นับได้ว่าประสบความสำเร็จ เป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง แต่สิ่งที่ได้เพิ่มขึ้นมากับลำโพงดีไซน์ร่วมสมัยเห็นจะเป็นความสามารถของลำโพง ที่จะใช้งานกับเพลงได้หลากหลายแบบ และสามารถที่จะใช้งานได้ดี ไม่ว่าจะเป็นขับด้วยแอมป์ 211 SE 15 Watts หรือจะเป็นแอมป์ QuickSilver Push-Pull Class A 40 Watts KT88 ก็เล่นได้ดีมากเช่นกัน ก่อนที่จะจบบทความนี้ ผมอยากฝากข้อคิดแก่สมาคม DIY ด้วย “ทฤษฎี 7 : 3” นั่นคือ หากท่านมีงบใช้จ่ายสำหรับชุดเครื่องเสียงจำนวนหนึ่ง 70% ของเงินก้อนนั้น ควรใช้จ่ายเพื่อการลงทุนในส่วนลำโพงเป็นหลัก อีก 30% ที่เหลือจึงค่อยจัดสรรปันส่วน เพื่อใช้จ่ายใน

ส่วนอื่นๆ เป็นเบื้องต้น แล้วจึงค่อยขยายขยายปรับปรุงส่วนอื่นๆ ในวันข้างหน้าต่อไป เหตุผลที่เราควรทุ่มเทการใช้จ่ายเพื่อลำโพงคุณภาพดีสักคู่ก่อนสิ่งอื่น ก็เพราะลำโพงนั้นเป็นอุปกรณ์สุดท้าย ที่จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง จึงเป็นจุดที่ประสิทธิภาพสัมผัสของมนุษย์เรา สามารถที่จะรับรู้คุณภาพเสียงได้ละเอียดอ่อนที่สุด เพียงความเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่เกิดขึ้นกับลำโพงเราจะรับรู้ได้ในทันที เราจึงควรให้ความสำคัญในส่วนนี้เป็นอย่างมาก หากเราเลือกใช้เพียงลำโพงคุณภาพต่ำ ผลที่ตามมา ก็จะกลายเป็นการบดบังคุณภาพเสียงจากทั้ง System ไปโดยปริยาย ไม่ว่าท่านจะเลือกใช้เพาเวอร์แอมป์หลอดเบอร์ใด หรือจะใช้ Output Transformer ที่ยอดเยี่ยมเพียงใด เสียงที่เราหวังว่าจะยอดเยี่ยม อาจจบลงเพียงเสียงธรรมดาๆ จากลำโพงคุณภาพต่ำ ถึงแม้ความคิดที่ว่า การ DIY แอมป์นั้นเป็นเรื่องที่สำคัญมากกว่า แล้วจึงค่อยเลือกหาลำโพงที่เหมาะสมกับ Power Amp ภายหลัง ก็น่าจะเป็นเรื่องที่อยู่ในวิสัยของการ DIY ก็จริง แต่ผมก็ไม่เห็นด้วยกับความคิดนี้สักเท่าไรครับ เพราะการจูนลำโพงให้เข้ากับ Power Amp นั้น เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก และอาจต้องเสียเวลาเสียเงินไปกับการเปลี่ยนลำโพงครั้งแล้วครั้งเล่า ในทางกลับกัน ถ้านัก DIY รู้ว่าตนเองชอบแนวเสียงแบบใด จากลำโพงดีไซ์ชนิดใด การเลือกแอมป์หรือ DIY แอมป์ เพื่อให้ตอบสนองแนวทางเสียงลำโพงนั้น น่าจะเป็นทางเลือกที่ง่ายกว่ามากครับ นอกจากปัญหาเรื่องลำโพงคุณภาพต่ำแล้ว ยังมีปัญหา



เรื่องลำโพงที่ไม่เหมาะสมกับ Power Amp ซึ่งนัก DIY ควรใส่ใจเป็นพิเศษในเรื่องนี้เช่นกัน ขอให้โชคดีในการ DIY ครับ

Finale

ตอนนี้ ก็ถึงเวลาบทสรุปของการทดลองแอมป์และลำโพง หลังจากที่ท่านได้อ่านเรื่องราวเกี่ยวกับลำโพง ที่คุณสันติได้เล่าให้ฟังพอประมาณ คงได้รับความรู้ความเข้าใจใน System นี้พอสมควร ผมขอสรุปเรื่องแนวทางเสียงจาก System ดังนี้ครับ คุณภาพเสียงจากแอมป์ 211 SE ตัวนี้ให้พื้นเสียงที่ดีมาก สะอาด รายละเอียดดี มีความเป็น Musical และได้เสียงใหญ่อย่างที่ผมอยากได้ แต่ยังขาดพลังกำลัง Dynamic และ Transient Response ซึ่งยังไม่ค่อยพอสำหรับผม โดยรวมผมยังหวังว่าจะปรับปรุงให้ไปไกลกว่านี้อีกมาก เนื่องจากเชื่อมั่นในโครงสร้างพื้นฐานของวงจรนี้ และแนวเสียงที่ได้มาแล้ว ที่เหลือก็คงเป็นเรื่องจูนภาค Input และ Driver โดยจะใช้หลอดเดิมที่มีอยู่ แต่ทดลองเพิ่มเกี่ยวกับ Topology และ Components ตอนนี้อุปสรรคสำคัญสำหรับผมคือ น้ำหนักของเครื่องทำให้ยกคนเดียวลำบากมากครับ

ประเด็นที่ 211 SE เมื่อใช้กับ Paragon และ Evell-F เทียบกันแล้วเป็นอย่างไรนั้น ถ้าเป็นเพลง Classical แล้วผมว่า Evell-F ตอบโจทย์ผมได้ตรงและดีกว่า โดยเฉพาะเมื่อขับเสียงที่ซับซ้อนในบทเพลงที่ประกอบด้วยเครื่องดนตรีจำนวนมาก พร้อมกับสามารถฟังเพลงได้หลากหลายแนว ดูเหมือนจะไม่เกี่ยงขนาดของแอมป์นักครับ นอกจาก 211 SE และ Quicksilver KT88 PushPull แล้วผมยังสามารถใช้ 2A3 SE โดยใช้หลอด 2A3C ของ Shuguang ขับได้เสียงที่ดีมากเช่นกัน

ในความเห็นของผม ถึงแม้ Paragon จะเป็นรองกว่า เมื่อเล่นเพลง Classical แต่เทียบกับเมื่อก่อนปรับปรุงผมว่า Paragon ให้เสียงดีขึ้นมากอย่างชัดเจน ถ้าหากเล่นเพลงแนว Vocal แล้ว

Paragon กลับให้เสียงที่มีเสน่ห์กว่าและเป็นธรรมชาติมากกว่า Evell-F อาจเป็นเพราะแนวเพลงแบบนี้ ไม่ได้ต้องการ Dynamic และ Transient Response แบบเพลง Classical ก็ได้ ผมว่า Paragon ให้เสียงที่ Musical มาก จนเข้าใจว่าเขาเป็นลำโพง Horn ที่เกิดมาสำหรับฟังในบ้าน

ผลการปรับปรุง Paragon แม้แนวเสียงจะคล้ายเดิม แต่ก็มี ความต่างพอสมควร คล้ายเดิม เพราะยังเป็น Drivers, Crossover Network และตู้เดียวกัน ผิดกันที่ Components ใน Crossover Network ซึ่งทำให้ Tonal Balance ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ความต่อเนื่องของเสียงในแต่ละย่านดีขึ้น



มาก เสียงที่ออกจากร้านเครือข่าย ก็หายไปด้วย ความหวานลดลงไปบ้าง แต่ได้มาซึ่งเสียงที่สะอาดขึ้น ไม่ Dark เหมือนก่อน เสียงเปิดขึ้นมาก มิติดีขึ้นมาก เบสมี Definition ที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนพร้อมกับมีการทอดเสียงที่ดีขึ้น แต่ไม่เหมือนลำโพงตู้เพราะเป็นเบสแบบ Front-loaded Horns สำหรับผมนี่เป็น Major Improvement ตั้งแต่ Paragon ได้มาอยู่กับผม และในอนาคตก็อาจจะมีการปรับปรุงให้ได้ น้ำเสียงลงตัวมากกว่านี้ครับ

สรุปว่าทั้ง 211 SE และ Evell ต่างก็ตอบโจทย์เพลง Classical ให้ผมด้วยกันทั้งคู่ แต่ในน้ำหนักที่ต่างกัน โดย Evell น่าจะมีน้ำหนักมากกว่าพอสมควร ยิ่งทำให้ผมเห็นด้วยกับคุณสันติว่าระบบจะแสดงศักยภาพได้เต็มที่ ตามระดับคุณภาพของลำโพง ผลพลอยได้ก็คือ ผมได้ Paragon ที่สมบูรณ์ขึ้นด้วยในระหว่างการทดลอง เส้นทางในการ DIY ของผม ก็คงเหลือแต่การปรับปรุง 211 SE ให้ถูกรสนิยมผมเท่านั้น คงไม่นานเกินรอครับ

วิวัฒน์ & ST.

BIBLIOGRAPHY

1. <http://www.roehren-museum.de/englisch/user/home.htm>
2. 6L6, <http://en.wikipedia.org/wiki/6L6>
3. Triode vs. pentode preamps, by Oliver Archut, prosoundweb.com, <http://recforums.prosoundweb.com/index.php/m/40587/0>
4. <http://www.sonicflare.com/>
5. <http://www.audioheritage.com/>
6. <http://www.edgaraudio.com/>
7. <http://www.humblehomemadehifi.com/>
8. <http://www.lcaudio.com/>
9. <http://206.13.113.199/ncdiyaudio/mark/index.htm>

FINALIZE MY OPT

Author : Pannawat W.

หลังจากพัน OPT มาเป็นเวลา 4-5 ปี มีหลายสิ่งหลายอย่างที่ทำให้ผมได้เรียนรู้ ถึงอิทธิพลที่มีผลกับเสียงของ OPT แม้ว่าผมจะสามารถพัน OPT ที่สามารถตอบสนองของความถี่ครบถ้วนตามที่ต้องการได้ (20Hz – 20kHz) แต่คุณภาพเสียงก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก เมื่อเทียบกับ Brand name ต่างๆ ซึ่งทำให้ต้องคิดว่าอะไรที่ทำให้แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการพันลวด, วัสดุที่ใช้ผลิตแกน, ลวด, กระดาษหรือฉนวนรองชั้น Primary, กระดาษหรือฉนวนรองชั้น Secondary หรือฉนวนกันระหว่างขดลวด หรืออาจจะเป็นอย่างอื่นที่ยังศึกษาไปไม่ถึงก็ได้ อย่างที่ได้เกริ่นไว้ใน YB2005 แล้วว่า ผมได้แกน Double C-Core ที่เป็น Grain-Oriented Laminated Silicon Steel ขนาดใหญ่มา



แกนของเรา Amorphous C-Core

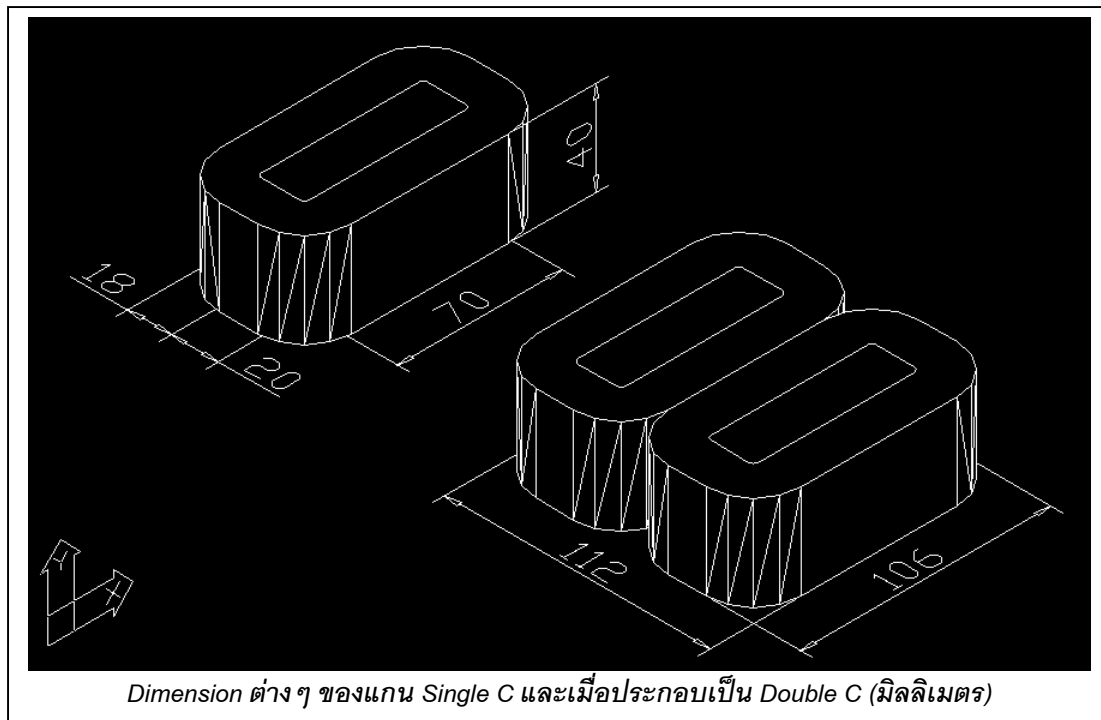
วางไว้ในห้อง เพื่อเอาไว้ทดลองเรื่องคุณภาพของแกน แต่ผ่านไป 1 ปีแล้ว มันก็ยังวางอยู่อย่างนั้นยังไม่ได้ดำเนินการอะไรต่อเลย

วัตถุดิบเพิ่มเติม

ประจวบเหมาะๆกับได้มี Group buy แกนหม้อแปลงที่ทำจากวัสดุ Amorphous (Fe-Ni based Amorphous) กันมาสองรอบ ผมก็มีโอกาสได้แกน Amorphous Double C-Core มานอนกอดไว้ 1 คู่ ครั้งแรกทดลองพันด้วยวิธีการแปลกๆ กว่าทั่วไป ซึ่งหลังจากทดลองประกอบแกนฟังเสียงดู ก็ปรากฏว่ายังไม่เป็นที่น่าพอใจ ก็เลยกลับมาพันแบบเดิม แต่เปลี่ยนเทคนิคการพันในส่วนของ Secondary และวัตถุดิบในการรองในแต่ละชั้นใหม่ ใช้อะไรดี?? เป็นคำถามที่ผมรหาคำตอบอยู่พอสมควร จนได้ข้อมูลมาจาก Brand ต่างประเทศ เกี่ยวกับวัสดุที่ใช้รอง ของที่นี้จะใช้ Cotton Wax Paper Cloth หนา 0.1mm อืมมมม.... เราจะหาได้อย่างไรนี้? ก็จนกระทั่งต้องตามภรรยาไปซื้อปิ้งนึ่งเอง ก็เกิดไปปิ้งไอดีกับกระเป๋าคั่ว ที่ใช้ใส่ของเวลาเราจ่ายดั่งค์ซื้อของนั่นแหละครับ ผ้าชนิดนี้ที่ลำเพ้งเรียกว่า Paper Cloth ลองเดินหา ดูก็ได้มา 2 เมตร



Paper Cloth เทียบกับกระดาษน้ำตาล



เนื้อผ้าคล้าย Cotton ทอเป็นตาราง ผ้านี้มีอย่างบางสุด 0.2mm (หา 0.1mm ไม่ได้ก็เอา 0.2mm นี้แหละวะ) ผมนำมาตัดเท่าขนาดที่ต้องการ แล้วใช้รอกในส่วนของ Primary เท่านั้น ส่วน Secondary ผมก็ยังคงใช้กระดาษสีน้ำตาลขนาด 0.1mm รอกอยู่เหมือนเดิม

ชื่อเสียงอันโด่งดังของ Tamura นั้น พวกเราคงรู้จักกันดี โดยเฉพาะชุดหม้อแปลง F-5000 Series ที่แกนเป็นวัสดุ Amorphous (ต่อไปจะเรียกสั้นๆ ว่า AM) นั้น เรียกว่ากระชอนไปทั่วโลก ถึงน้ำเสียงที่พิเศษกว่าแกนทั่วๆ ไป แม้จะยังมีจุดอ่อนที่

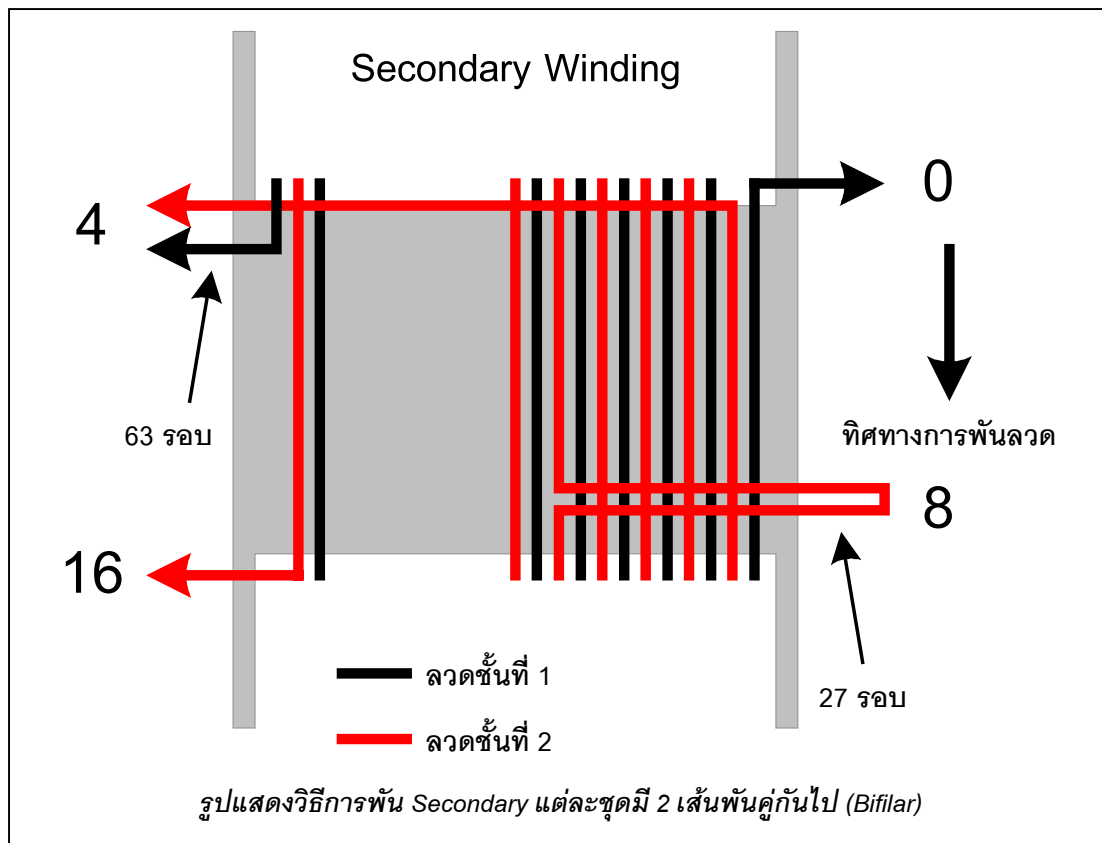


Tamura F-5000 Series อันโด่งดัง

ยังไม่สามารถให้แรงกระแทกกระทั้นของเบสได้เท่ากับแกนเหล็กทั่วไป แต่ก็แลกมาด้วยความเนียนละเอียดของเสียงกลางแหลม ที่ฟังแล้วยากที่จะหาได้จากแกนชนิดอื่น มาดูที่แกนที่ผมได้มามีขนาดใหญ่มาก สามารถนำมาทำ OPT SE ขนาด 20-30 วัตต์ ได้อย่างสบายๆ ลักษณะแกนจะขึ้นรูปด้วยการนำแผ่น AM (AM Strip) หนา 0.025mm มาพันบนแกนแม่แบบ (Mould) จนได้ขนาดที่ต้องการ แล้วก็พันด้วยผ้าสีขาว สุดท้ายจึงตัดตรงกลางให้กลายเป็น C 2 ชิ้น สาเหตุที่ต้องพันผ้าเอาไว้เนื่องจากแกน AM นั้นบางและแตกร่อนง่ายมากๆ จึงต้องพันป้องกันการแตกร่อนไว้ และกันการเกิด Oxidize ไปในตัวด้วย

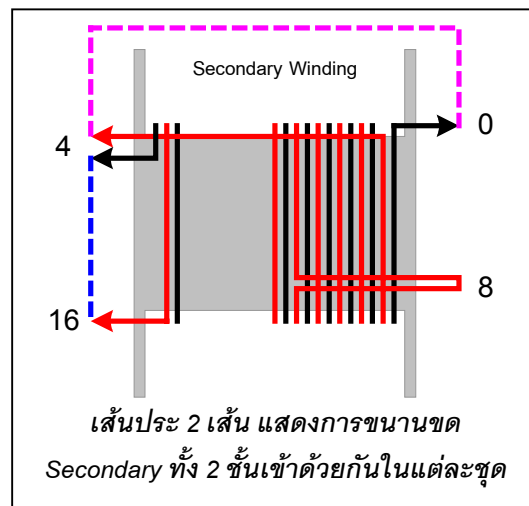
โครงสร้างขดลวด

มีแกนคุณภาพดีแล้ว โครงสร้างขดลวดก็ต้องเอื้อให้แกนได้แสดงศักยภาพด้วย คราวนี้ผมจะขออธิบายรายละเอียดการพันสัณนิธ ผมกำหนดค่าการพันไว้ โดยตั้งใจพัน OPT ค่า 10K Primary คำนวณได้ 3,300 รอบ ทำแทป 2 ค่า 5K, 10K การพันของผม จะใกล้เคียงกับของเดิมเมื่อปีที่แล้ว แต่เนื่องจากแกนที่ได้มาขนาดใหญ่มาก สามารถใช้



กับ SE แอมป์ ขนาด 20-30 วัตต์ ได้อย่างสบายเลย ดูจากรูปแล้วกันครับ เนื่องจากช่วงของ Bobbin ที่ยาวถึง 70mm ทำให้ในแต่ละชั้นจะมีจำนวนรอบสูงถึง 150 รอบ ผมเริ่มพัน Primary ทั้งหมด 4 ชั้น ได้ประมาณ 600 รอบ แต่ละชั้นรองด้วย Paper Cloth ที่ได้มา เมื่อเสร็จชุดแรก ก็ใช้กระดาษสีน้ำตาลที่เคยใช้อยู่แล้ว หุ้มเป็นฉนวนและพันในส่วนชั้น Secondary ต่อ คำนวณจำนวนรอบมาได้ 63 รอบ สำหรับ 5K,10K ที่ผมตั้งใจจะทำ การพันตรงจุดนี้ผมได้เปลี่ยนวิธีการพันมาเป็นแบบนี้ครับ ใช้ลวดพันแบบ Bifilar เมื่อพันไปแล้ว 27 รอบ ก็แยกลวดออกมาเป็น 8 โอห์มและ 16 โอห์ม อันนี้ดูรูปน่าจะเข้าใจง่ายกว่าครับ ลวดสีดำเป็นลวด 0-4 โอห์ม ส่วนสีแดงเป็น 8-16 โอห์ม จากนั้นก็พันต่อไปจนเต็มแกนจะพอดีที่ 63 รอบ ที่ทำอย่างนี้ตั้งใจไว้ว่า ถ้าใช้ลำโพงต่อกับชุด 4 โอห์ม ก็จะสามารถลวดเส้นสีแดงมาชานเข้าไปด้วย คือเอาปลายสีแดงชุด 4 โอห์ม ไปต่อกับ 0 โอห์ม และเอาปลายสีแดงชุด 16

โอห์ม มาต่อกับปลายชุด 4 โอห์มสีดำ ดูจากเส้นประกาก็ได้ เหมือนวิธีของ Lundahl นั้นแหละ ที่ต่อ Secondary ได้สารพัด



เพิ่มรอบสักหน่อย

เมื่อจบ Primary และ Secondary ชุดแรก 600 กะ 63 รอบ เมื่อขึ้นชุดที่ 2 ผมก็มีการปรับจำนวนรอบของชุด Primary เพิ่มขึ้นจากชุดแรกอีก 50 รอบ รวมเป็น 650 รอบ อันนี้เอาแนวคิดมาจาก

คุณอาร์ต ที่มีสมมุติฐานว่าชั้นที่อยู่นอกถุดออกไป ควรจะเพิ่มรอบขึ้น เพราะว่าชั้นที่อยู่ด้านนอกอยู่ห่างจากแกน C-Core มากขึ้น เส้นรอบวงก็จะใหญ่ขึ้น ทำให้การเหนี่ยวนำลดลง การเพิ่มจำนวนรอบจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำในแต่ละขด Primary มีค่าเท่าหรือใกล้เคียงกับชั้นแรกๆ ซึ่งจะทำให้ขด Secondary ได้รับความเข้มของการเหนี่ยวนำเท่ากับชั้นแรก อันนี้เดาทั้งหมดนะครับ คิดเอาตามเหตุผลตามผล แต่ส่วนขด Secondary รอบพันยังเท่าเดิม เพราะเดิมแกนอยู่แล้ว ส่วนขดที่ 3 ผมพันได้เท่ากับขดที่ 2 (คือ 650 และ 63 รอบ) กะว่าจะมาเพิ่มรอบในขดที่ 4 เอา แต่ก็มามีปัญหาอีก เพราะเมื่อจบขดที่ 4 ปรากฏว่า จำนวนรอบมาจบที่ 650 รอบก็เต็มหน้าแกนพอดี ตัวที่เกียจมันชนะความพยายามของผม ก็เลยจบอยู่ที่ตรงนี้เท่าเดิม

แทป 5 K

พอพันได้จำนวนรอบที่ต้องการแล้ว ก็ไม่ลืมดึงลวดออกมาเป็นที่ต่อสำหรับขด 5K ครับ ตรงที่ผมคำนวณก็ไม่ตรงพอดีเป๊ะหรอก เอาที่มันจบเต็มหน้าแกนพอดีนี้แหละครับ ไม่เช่นนั้นจะทำงานยาก และก็เหมือนเดิมแหละ ผมจะไม่ตัดลวดเพียงแต่ดึงออกมาเฉยๆ จากนั้นก็ขุดและไล่ตะกั่วเอาไว้เท่านั้น แล้วก็พันต่อไป

จุดจบที่ไม่จบ

เป็นความซวยหรือเปล่าไม่ทราบ กำลังจะเสร็จงาน (10K) อยู่แล้ว เมื่อพันมาได้ถึงขดที่ 5 จำนวนรอบที่ 3,110 ปรากฏว่าลวดหมด (ผมซื้อ



OPT ของผมเมื่อเทียบกับแผ่น CD

ลวดมา 2 ม้วน ม้วนละ 1/2 กก. เท่ากัน ลวดหมดที่จุดเดียวกันต่างกันประมาณ 10 รอบ) เกิดอาการแข็งเลย มานั่งมองว่าจะเอาอย่างไรดี จะไปซื้อลวดมาเพิ่มหรือจะจบตรงนี้ได้ เพราะผมยังเหลือที่จะต้องพันขด Secondary อีกหนึ่งขดเป็นขดสุดท้าย เอาเป็นว่าผมค้างเอาไว้อย่างนั้นดีกว่า เอามาลองฟังดูก่อนก็แล้วกัน ถ้าจะเพิ่มก็ค่อยมาเพิ่มเอาทีหลังได้ไม่สาย ตอนนี้ OPT ของผมลูกนี้ก็กลายเป็นประมาณ 9K กว่าๆ ไปแล้ว

ทดลองวัดดูก่อนซิ

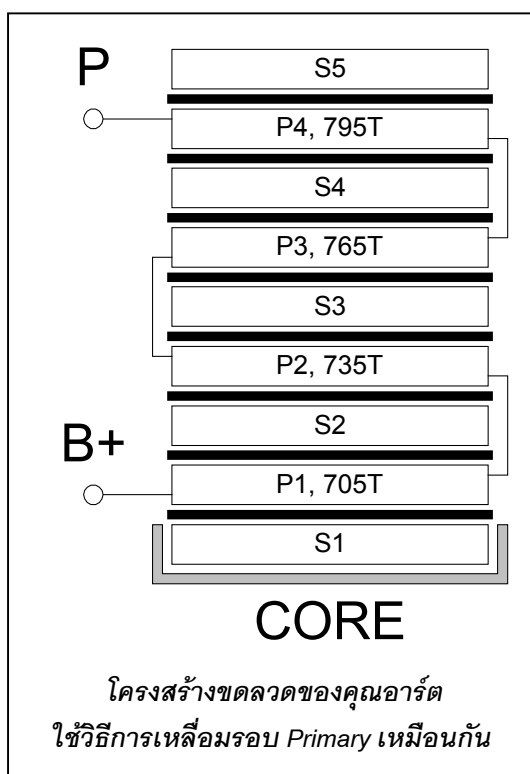
เมื่อมีของเล่นใหม่ ก็ต้องมีการ SOD กันซักที แต่ก่อนที่ทดลองฟังกันเหมือนทุกๆ ครั้ง คราวนี้จะมีการทดลอง และวัดการตอบสนองของความถี่โดยใช้แอมป์ SE 300B ตัวที่ลงใน DIY Journal YB2004 เป็นตัวขับ (ต้องขอบคุณ พี่มฤณ ที่ยก Oscilloscope และ Function Generator มาช่วยวัดให้) มี OPT ร่วมวัดด้วย 3 คู่ เป็นแกน AM แบบเดียวกันของคุณอาร์ต 1 คู่ และอีกคู่เป็นของ Tango FC30-3.5S ที่ติดอยู่บนเครื่องอยู่แล้ว ผล

ตารางแสดงการวัดแรงดัน Output บน Dummy Load ที่ความถี่ต่างๆ						
OPT	Load	20Hz	1kHz	20kHz	3dB Point	Note
Tango FC30-3.5S	3.5k	12V	12V	12V	50kHz	Peak 27kHz +1dB, No distort
Art's 10k	5k	11V	10V	12V	50kHz	No peak, No distort
Pannawat's 10k	5k	10V	10V	10.5V	47kHz	No peak, Distort >23kHz



ระหว่างการวัดทดสอบ

การวัดก็ได้ตามตารางนะครับ ด้านการตอบสนอง ความถี่ 20Hz-20KHz นั้นสบายมาก ราบเรียบดีทีเดียว ของผมมีการ Distort ที่ความถี่ตั้งแต่ 23KHz ขึ้นไป และของ Tango ก็มี Peak สูงขึ้น ที่ 27KHz ประมาณ +1db แต่ของคอนอาร์ตไม่พบอาการ Distort และ Peak เลยตลอดย่านที่วัดถึง 50KHz การตอบสนองความถี่ของทั้ง 3 คู่นี้ได้ไกลมาก ด้านต่ำ 20Hz ไม่มี Roll-off เลย ส่วนด้านสูงดูได้จากค่าการตอบสนองที่ -3dB ในตาราง จะเห็นว่าไปได้ถึง 50, 50 และ 47KHz ตามลำดับ ตรงนี้ผมคาดว่า OPT ของผม ถ้าผมเพิ่มขด Secondary เข้า

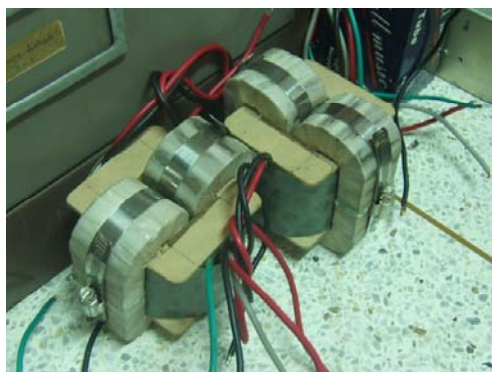


ไปอีกสักขดก็จะสามารถลด Distort ลงได้ หรือไม่ก็เลื่อนไปสูงขึ้นกว่านี้ หมายเหตุไว้หน่อยครับ ขณะทดสอบ OPT ของผมเพิ่มขด Secondary 4 ขด ของคอนอาร์ตพันที่ 5 ขดและของ Tango ไม่ทราบจำนวนชั้นครับ

Climax???? Listening test

หลังจากวัดได้ตัวเลขออกมาแล้ว คราวนี้ก็มาถึงผลการทดลองฟังบ้าง เนื่องจากมีเวลาไม่มาก เราใช้ Reference คือ Tamura F-5002 เป็นตัวที่ใช้ฟังก่อนเพื่อน จากนั้นก็ต่อกับ Tango, ของผม และของคอนอาร์ตเป็นตัวสุดท้าย แอมป์เป็น 300B SE ตัวที่ใช้วัดค่านี้แหละ ลำโพง 2 ทาง Woofer 12 นิ้ว Open Baffle และ Bullet Tweeter ของ JBL แหล่งสัญญาณเป็น CD และ 8x DI-DAC

สรุปผล โดยรวมกินขาดด้านความเรียบเนียนยังคงเป็น Tamura F-5002 แน่นนอน ยังไม่สามารถที่จะฟันเทียบชั้นในแง่นี้ได้ แต่ในแง่อื่น เช่น รายละเอียดตั้งแต่ย่านกลางไปถึงสูง ของที่ผมพันเองและของคอนอาร์ต ไม่แพ้เลยทีเดียว เปรียบเทียบกันระหว่าง AM ของผมกับของคอนอาร์ต ของคอนอาร์ตจะให้เสียงเบสที่หนักกว่า ฟังได้ชัดเจน และอีกข้อหนึ่งที่คอนอาร์ตฟังจับได้ก็คือ เสียงกลางคู่ของคอนอาร์ตจะออกหนักกว่าเล็กน้อย อันนี้เราเปรียบเทียบกันได้ในด้านวัสดุ ซึ่งของผมนั้นจะใช้ Paper Cloth ในส่วนขด Primary ส่วนของคอนอาร์ตนั้น จะใช้กระดาษสีน้ำตาลรองทุกชั้นทั้งหมด อันนี้เขียนไว้เผื่อใครจะลองหาวิธีการผสมวัสดุ เพื่อให้ได้เสียงที่ต้องการนะครับ อ้อ! ยังมีข้อสันนิษฐานเรื่องจำนวนชั้นของขด Secondary ซึ่งของคอนอาร์ตจะใช้มากกว่าด้วย เท่าที่เคยทดลองมา การมีจำนวนชั้นของขด Secondary มากนั้น ความกังวานของเสียงจะลดลง อาจมีส่วนทำให้เสียงกลางของคอนอาร์ตหนักกว่าได้ ส่วนเมื่อเอา AM ของเราทั้งคู่เทียบกับของ Tango ซึ่งเป็นแกน Silicon Steel ธรรมดา Double C-Core ผมจับได้



คู่นี้ OPT แกน AM ของคุณอาร์ต

ว่าเสียงรายละเอียดโดยรวมนั้น ย่านกลางถึงสูง AM ทั้ง 2 คู่นี้ให้ได้ดีกว่า แต่ถ้าเทียบกับที่ความถี่กลางมาต่ำ คู่นี้ของ Tango จะได้พลังและการอัดขึ้นดีกว่า แต่ก็ทำให้ Tonal Balance เคนไปทางเบสมากไปด้วย จริงๆ มี OPT ของคุณอาร์ตอีกคู่นี้ซึ่งพันโดยเพื่อนคุณอาร์ตที่เป็นชาวญี่ปุ่น เห็นคุณอาร์ตเล่าว่าเป็น Technician ของ Tango ที่ Retire ออกมาช่วงที่เปลี่ยนจาก Hirata Tango ไปเป็น Iso Tango เมื่อหลายปีก่อน โดยหม้อแปลงตัวนี้ ทำขึ้นตามโครงสร้างเดิมของ Tango X-10S แต่ใช้วัสดุบางรายการแตกต่างกันเล็กน้อย ลักษณะเป็นแกน Laminated Steel Double C-Core โครงสร้างการพันขดลวด ก็พันขด Primary 3 ชั้น แทรกด้วยขด Secondary 4 ชั้น การพันดูแน่นหนาดีมาก ผมชอบบ๊อบบี้แบบนี้นะจ๊ะ ซึ่งก็ได้นำมาวัดค่าด้วยพร้อมกับ AM ทั้ง 2 คู่นี้ พอถือว่าต่อนัดนั้น แอมป์ที่ใช้ทดสอบมีปัญหาการวัด จึงไม่ได้นำผลการวัดมาแสดงไว้ด้วย ส่วนเรื่องเสียงของ OPT คู่นี้ ให้รายละเอียดช่วง



10k SE OPT ฝีมือชาวอาทิตย์อุทัย

เสียงกลางต่ำได้ดี ให้เสียงลูกคอได้มีรายละเอียดดีกว่าแกน AM ที่ทดสอบทั้ง 2 คู่นี้ แต่รายละเอียดตั้งแต่กลางแหลมเป็นต้นไปนั้น แกน AM ยังให้ได้ดีกว่าชัดเจน ส่วนเรื่อง Distort ที่ความถี่สูงๆ ที่วัดได้ไม่สามารถฟังความแตกต่างออกได้ในที่นี้



นี่แหละ!! เริ่มเพี้ยนตรงนี้นี่แหละครับ

แนวทางการปรับปรุง

ส่วนของผมเอง ตั้งใจว่าคงจะไม่เพิ่มรอบ Primary แล้ว เพราะว่าต้องไปซื้อลวดมาใหม่อีกหลายร้อยบาท ซึ่งก็คงได้ค่า Inductance เพิ่มมาอีกแค่เล็กน้อย คงแค่เพิ่มขด Secondary เข้าไปอีกหนึ่งขดเป็นขดสุดท้ายก็น่าจะพอ และปิดจากการพัน OPT ชุดนี้เอาไว้ที่ตรงนี้เลย เพราะด้วย OPT ชุดนี้ ผมได้ยินเสียงอีกมากมาย ที่ไม่เคยได้ยินจากชุดเครื่องเสียงของผมเอง ต่อจากนี้ไปคงเป็นการนำไปใช้และทำการปรับปรุง หรือปรุงแต่งรสชาติของแอมป์ที่ผมจะทำให้เข้ากับ OPT ชุดนี้ ผมก็คงพอใจมากแล้วละครับ จากที่เขียนไว้ต่อเนื่องมาหลายปี ในที่สุดก็ถึงวัน **FINALIZE MY OPT** ซะทีครับ

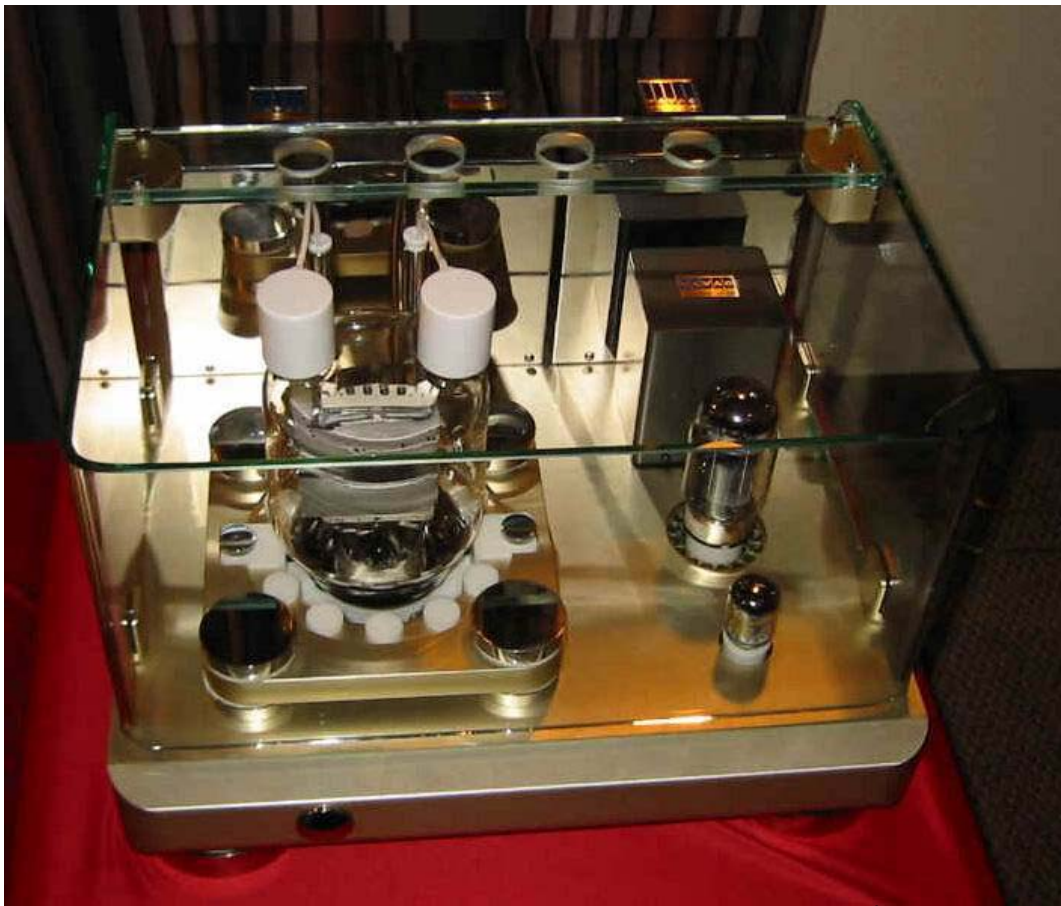
System ทดสอบการฟัง

- Open Baffle Jensen F12N + JBL 075 Tweeter
- 300B SE (บทความ The Best ใน YB2005)
- 8x TDA1543 DI-DAC (บทความ Direct Interpolation Digital to Analog Converter ใน YB2006)
- Marantz CD-63 SE ติดตั้ง 16.9344MHz Low Jitter Master Clock และ Synchronous Reclocker SPDIF Output, as Transport

Basic Vacuum Tube Electronics Part 3

CLASS A2

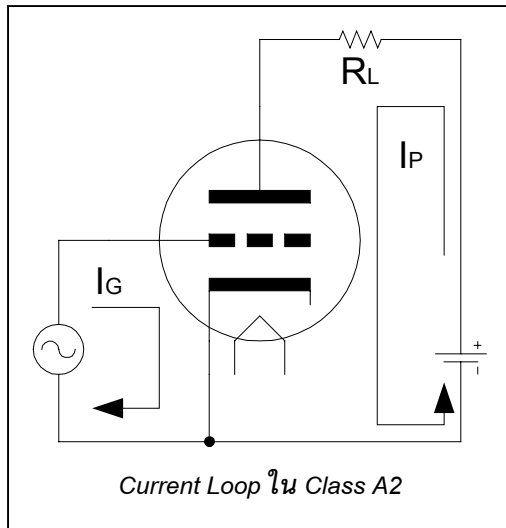
ผู้เขียน : มนต์สรรค์ ไสธวิทย์



WAVAC HE-833 แอมป์ราคา 350,000\$ US หนึ่งในความฝันของหลายๆ คนตัวนี้ก็ Class A2 ครับ

ในที่สุดก็ได้มีภาค 3 สำหรับบทความนี้จนได้รับ ซึ่งก็คงเป็นตอนสุดท้ายแล้ว เป็นเรื่องต่อเนื่องจากภาคที่แล้วนะครับ ซึ่งผมได้เขียนเรื่องการออกแบบภาคขยายกำลังหรือ Power Stage ทั้งแบบ Single-Ended และ Push-Pull ไว้ ซึ่งก็คงเป็นประโยชน์กับผู้อ่านทั้งหลายนะครับ ที่นี้มีเพื่อนๆ หลายคนเอาไปทดลองออกแบบวงจรดู โดยใช้หลอดกลุ่ม Transmitting เช่น 808, 841 เป็นต้น พอเอา Curve มาดูแล้วก็เริ่มพบปัญหา เอ!! ทำไมเส้น Curve ถึงมีช่วง Grid เป็นบวกด้วย แล้วเจ้าเส้น Grid Current นี่อะไร ต้องใช้ด้วยรีเปล่า? ก็เริ่มมีคำถามมาหาผมมากขึ้นเรื่อยๆ จึงเป็นที่มาของบท

ความนี้ ที่จะกล่าวถึงการออกแบบวงจร Class A2 ครับ ซึ่งผมจะกล่าวถึงพื้นฐาน, วิธีการและตัวอย่างการออกแบบวงจรหลอด ให้ทำงานใน Class A2 รวมไปถึงการหาความสามารถที่จำเป็นสำหรับภาคขับหรือ Driver Requirement เพื่อขับหลอด Output ที่ทำงานใน Class A2 ด้วย ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานความเข้าใจที่ดีในเนื้อหา 2 ภาคแรกด้วยนะครับ ใครที่เพิ่งมาอ่านบทความชุดนี้เป็นครั้งแรก ก็หา 2 ภาคแรกมาอ่านซะก่อน (YB2002, YB2004) จะทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีกว่าครับ ส่วนเรื่องวงจร Output เป็น SE/PP ก็จะมีกล่าวถึงแนวทางการประยุกต์ให้พอนำไปออกแบบกันได้ครับ



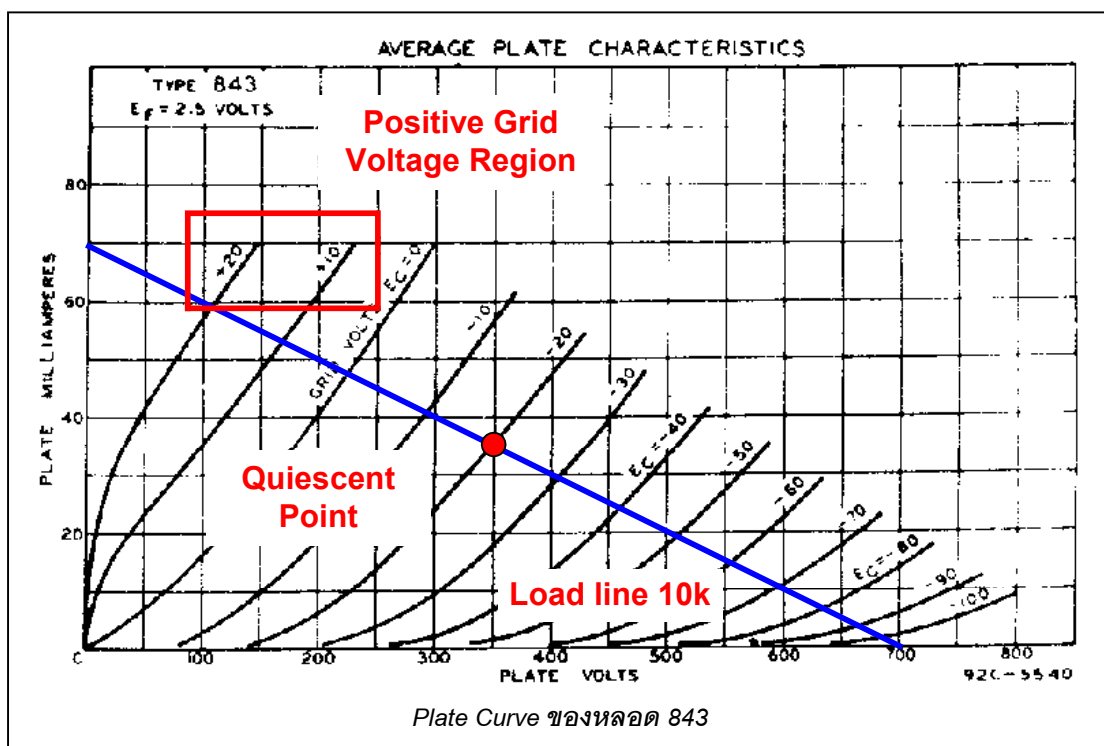
ทำความรู้จักกับ Class A2 กันก่อน

เรามารู้จัก Class A2 กันก่อนนะครับ ในทางวิชาการแล้ว การ Bias ให้หลอดทำงานใน Class A พอจะจำแนกในรายละเอียดได้เป็น 2 แบบคือ Class A1 และ Class A2

- Class A1 คือไม่มีกระแส Grid ไหลเลย ตลอดช่วงการทำงาน หรือบอกได้ว่า Grid ไม่มีโอกาสเป็นค่าบวกเมื่อเทียบกับศักย์ที่ Cathode เลย ซึ่งก็จะมีกระแส Grid (Grid Current) ไหลในหลอดเลย

- Class A2 คือสามารถมีกระแส Grid ไหลในวงจรได้บ้างในบางช่วงหรือตลอดช่วงการทำงาน ก็คือ Grid มีโอกาสเป็นค่าบวก เมื่อเทียบกับศักย์ที่ Cathode นั้นเอง ซึ่งจะทำให้มีกระแส Grid (Grid Current) ไหลในหลอดด้วยปริมาณหนึ่ง ดูเผินๆ แล้วก็ต่างกันซักเท่าไรใช้ไม่ครับ แต่ Grid Current นี้แหละ สำคัญของบทความนี้เลยครับ เพราะเมื่อ Grid Current เริ่มไหลภาค Driver จะต้องมีความสามารถที่จะจ่ายกระแสตามที่ Grid ต้องการได้โดยไม่เสียเสถียรภาพทางแรงดันไปจนทำให้รูปสัญญาณผิดเพี้ยนไป

การจะเรียกว่า วงจรใดทำงานเป็น Class A1 หรือ A2 นั้น ไม่ได้ขึ้นกับจุดทำงานของหลอดแต่เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับ Input ที่จะเข้ามาด้วย ยกตัวอย่างเช่นหลอด 843 ซึ่งมีช่วงการทำงานส่วนใหญ่ที่ Grid เป็นลบ (ดูจาก Plate Curve) แต่จะเห็นว่า ในกราฟแสดงการทำงานช่วงที่ Grid เป็นบวกได้ด้วยเล็กน้อย และยังถือว่ามีความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ที่ดีอยู่ ก็เป็นทางเลือกให้สามารถออกแบบเป็น Class A1 หรือ A2 ก็ได้ ถ้าเป็น



Class A1 โดยให้ Grid Swing 60V (0 to -60V) ก็จะได้ Power Output ประมาณ 1.3W ในขณะที่ถ้าออกแบบเป็น Class A2 โดยให้ Grid Swing เพิ่มอีกฝั่งละ 10V เป็น 80V (+10 to -70V) จะได้ Power Output เพิ่มขึ้นเป็น 2.2W (และได้ 3.5W เมื่อ Grid Swing 100V, 5%THD) ในขณะที่จุดทำงานสงบของวงจรยังเท่าเดิม (400V Plate, 30mA Quiescent Current and 12W Plate Dissipation) แต่กำลังขับที่ได้เพิ่มขึ้น จะเห็นว่า Output ต่อ Loss ของวงจรเพิ่มขึ้นมาก ในขณะที่จุดทำงานของวงจรยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งกำลังขับที่เพิ่มขึ้นมาถึง 70% นี้ ก็ต้องแลกด้วยการออกแบบ Driver ให้สามารถจ่ายกระแสให้ Grid ได้เพียงพอ ในช่วงที่สัญญาณ Swing ไปจนถึง Grid เป็น +10V เทียบกับ Cathode อย่างไรก็ตาม ถ้าในการใช้งานจริงๆ พบว่ากำลังขับเพียงแค่ 1.0W ก็เพียงพอต่อการใช้งานแล้ว เท่ากับว่าวงจรนี้จะได้ไม่ทำงานในช่วงของ Class A2 เลย จนกว่าจะมีการใช้งานเกินจาก 1.3W มา วงจรจึงจะทำงานใน Class A2

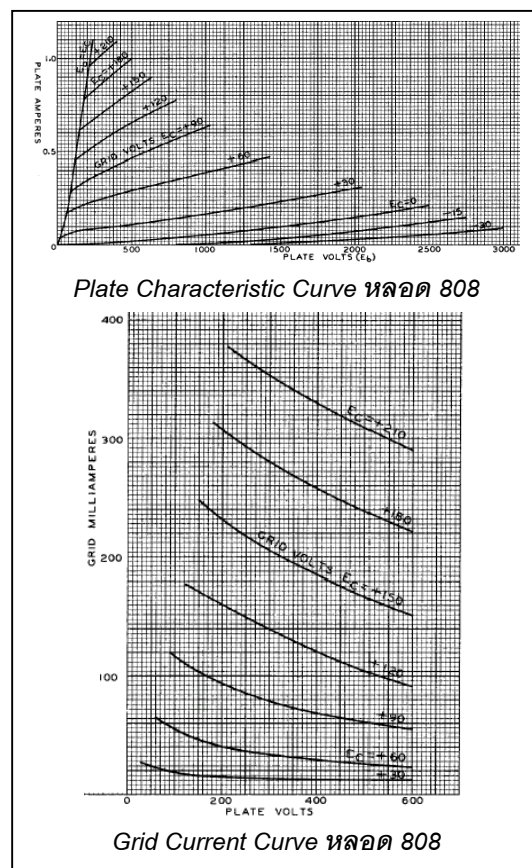
จะเห็นว่า Class A1 หรือ A2 นั้น เป็นเพียงการจำแนกวงจร Class A ในทางวิศวกรรม เพื่อให้ทราบถึงลักษณะวงจรและการทำงานของวงจรคร่าวๆ เท่านั้น ไม่ได้เกี่ยวข้องกับคุณภาพเสียงที่ได้แต่อย่างใด ส่วนประกอบของความเพี้ยนก็ยังคงขึ้นกับ Plate Characteristic ของหลอดนั้นๆ เองและจุดทำงานเป็นหลัก ประเด็นที่น่าสนใจของ Class A2 ก็คือกำลังขับที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพทางพลังงานที่เพิ่มขึ้นด้วยนั่นเองครับ แต่ก็ต้องแลกกับทรัพยากรและ Power Consumption ที่ต้องใช้ในวงจร Driver ซึ่งผมจะแสดงให้เห็นต่อไปว่ามันมีความคุ้มค่าหรือไม่อย่างไร

Load Line และการออกแบบวงจร Class A2

อันที่จริงแล้วการเขียน Load line วงจร Class A2 ก็ไม่ได้แตกต่างกับของ Class A1 ซึ่งผมได้เขียนไปในภาค 2 แล้ว สิ่งที่มีมักจะแตกต่างกัน

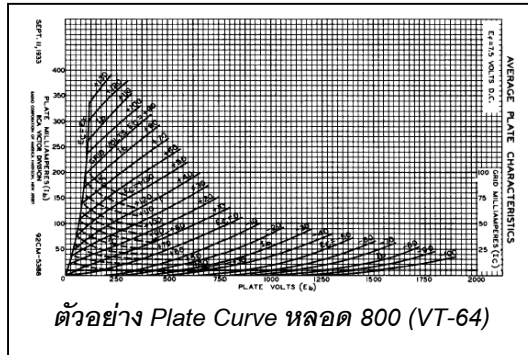
จริงๆ แล้วคือ Plate Characteristic Curve ของหลอดที่ทำงานใน Class A2 ครับ (ต่อไปจะเรียกสั้นๆ ว่า Plate Curve นะครับ)

ในตัวอย่างแรกที่ผมยกหลอด 843 มา จะเห็นว่า Plate Curve จะคั่นตา คล้ายๆ กับที่มักเห็นใน Receiving Tube ทั่วๆ ไปเช่น 12AU7, 2A3 เป็นต้น ที่นี้ลองดูเทียบกับ Plate Curve ของหลอด 808 ดูครับ จะเห็นว่าลักษณะของ Plate Curve แตกต่างออกไป และมี Grid Current Curve เพิ่มขึ้นมาอีกรูปหนึ่งด้วย



เมื่อเทียบกับหลอด Receiving Tube ทั่วไปแล้ว จะเห็นว่า Linearity แย่กว่ามากทีเดียวครับ แต่อันที่จริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้นครับ Scale มันหลอดตานะครับ จะเห็นว่าช่วงระหว่างเส้น Grid ของหลอด 808 กว้างถึง 30V ครอบคลุมช่วงกว้างของ V_g กว่า 240V ถ้านำหลอด Receiving Tube มาลองสมมุติค่า Plot Plate Curve บน Scale เดียวกันหลายๆ หลอดยังมี Linearity สู้หลอด 808 นี้ไม่

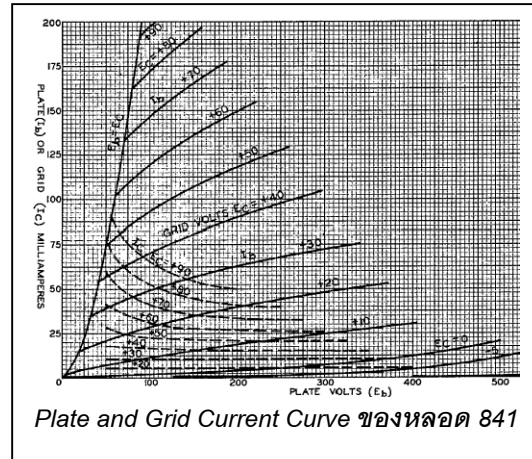
ได้เลยครับ ที่นี้ลองมาดูหลอด Transmitting Tube ที่ Plate Curve สวยๆ ดูบ้างครับ เช่นของหลอด 800 (VT-64) จะสังเกตว่า Plate Curve ดูดีกว่ามาก ใช่ครับ นี่ก็ Scale หลอกตาครับ ผมทำให้รูปมันเล็กๆ เพื่อไม่ให้สังเกตเห็นว่าเส้น V_g ห่างกันช่วงละ 10V เท่านั้น ลองลบเส้นออกให้เหลือช่วงห่างแต่ละเส้นเป็น 30V แล้วเทียบกับหลอด 808 ดูสิครับ



ลักษณะเฉพาะอีกประการหนึ่งของหลอด Transmitting Tube เหล่านี้ก็คือ มักจะมีอัตราขยาย (Amplification Factor, μ) สูง เมื่อเทียบกับหลอด Receiving Tube ที่ Rating ใกล้เคียงกัน เช่นหลอด 10Y (VT-25) มี $\mu = 8$ เทียบกับหลอด 841 ที่ใกล้เคียงกันในหลายๆ ด้าน แต่มี $\mu = 30$ เมื่อ Input เข้ามาเท่าๆ กัน Plate Voltage ของ 841 ก็จะมี Swing มากกว่าและได้ Power สูงกว่าด้วย

กลับมาที่ประเด็นสำคัญจริงๆ ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้ก็คือ Grid Current ครับ จะเห็นว่าการกราฟของหลอด 808 จะแยก Curve มาให้ดูเลย ความสัมพันธ์ของปริมาณ Grid Current ที่ระดับ Plate Voltage และ Grid Voltage ต่างๆ ยิ่ง Grid Voltage เป็นบวกมากขึ้นเท่าไร Grid Current ก็ยิ่งมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันยิ่ง Plate Voltage มีค่าสูงขึ้นเท่าไร ค่า Grid Current ก็ยิ่งต่ำลง ซึ่ง Grid จำเป็นต้องใช้กระแสปริมาณนี้ในการรักษาเสถียรภาพการทำงานของหลอด ให้เป็นไปตาม Plate Curve ถ้า Grid ได้รับกระแสไม่เพียงพอตามที่กำหนด Grid ก็จะมีลักษณะดับแรงดัน V_g ไว้ไม่ได้ ซึ่งส่งผลให้หลอดทำงานผิดเพี้ยนไป Plate Curve

ของหลอดบางเบอร์จะรวม Grid Current Curve มาด้วยใน Plate Curve รูปเดียวเลย อย่างเช่นกราฟของหลอด 800 (VT-64) และ 841 (VT-51) ที่ผมยกมาเป็นตัวอย่างนี้



เส้นประในรูป แสดง Grid Current ซึ่งบางครั้งก็ใช้ Scale เดียวกับ Plate Current (841, VT-51) หรือบางทีก็ใช้ Scale ต่างหาก ซึ่งจะแยกเขียนไว้ต่างหากอีก Scale หนึ่ง (800, VT-64)

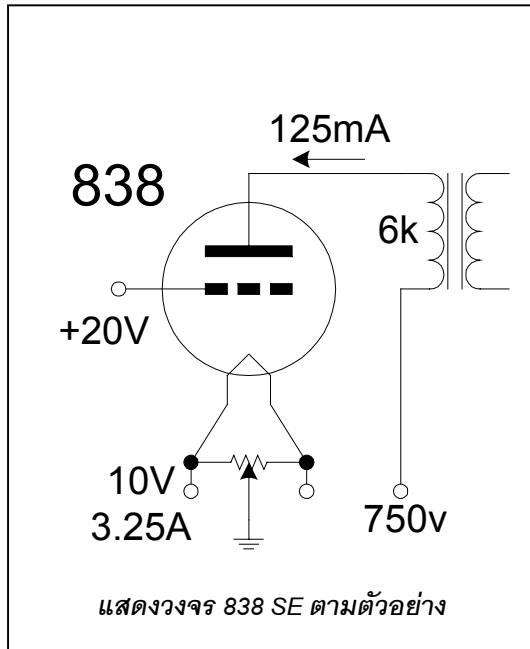
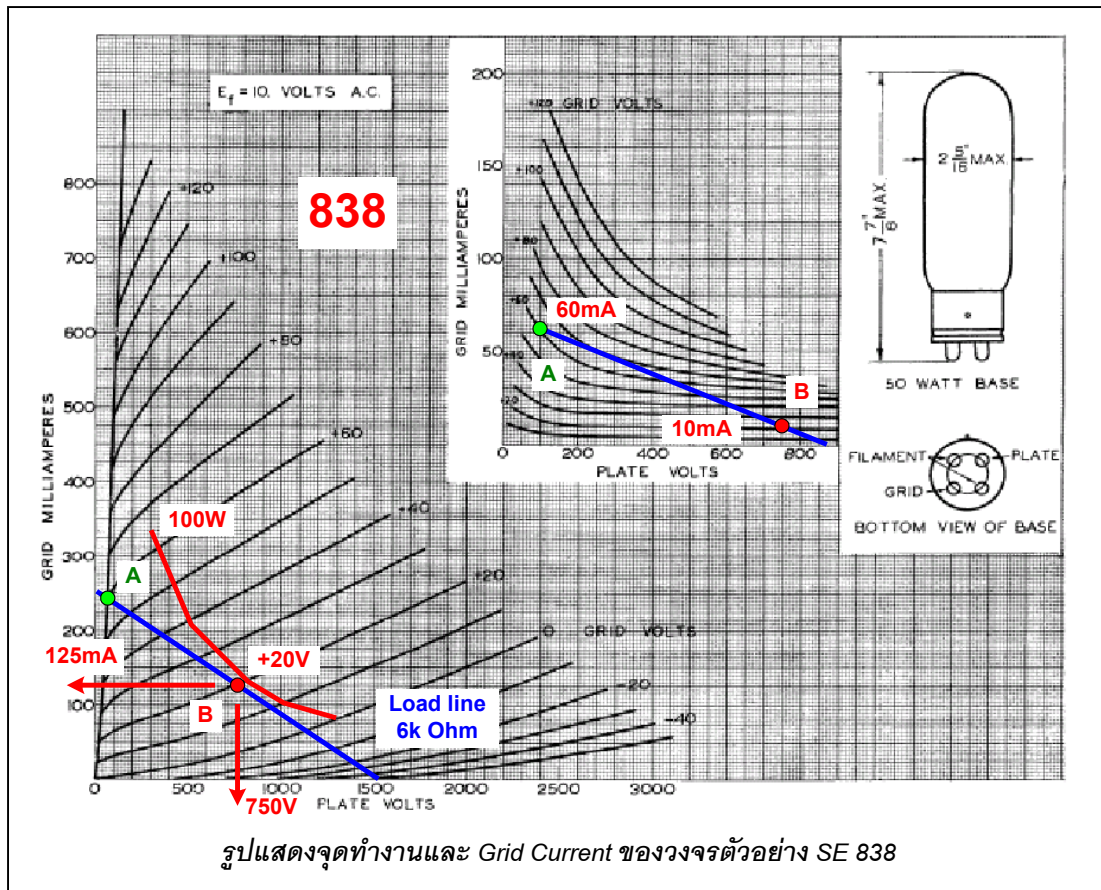
Driver Requirement

ที่นี้ก็มาถึงการออกแบบกันแล้วครับ ส่วนของ Plate Curve นั้น ผมขอละไว้ในฐานที่คุ้นได้อ่าน 2 ภาคแรกมาแล้ว และสามารถออกแบบได้เองแล้วนะครับ เราจะข้ามการอธิบายส่วนนั้นมาที่ผลการออกแบบและ Driver Requirement เลย หลอดที่ผมจะใช้เป็นตัวอย่างคือหลอด 838 ครับ

GENERAL CHARACTERISTICS

Filament Voltage	10
Filament Current (amps)	3.25
Amplification Factor (Approx.)	50
Grid to Plate Transconductance @ 100 ma.	4800 micromhos
Direct Interelectrode Capacitances:	
Grid to Plate	8.0 μf
Grid to Filament	6.5 μf
Plate to Filament	3.0 μf
Max. Signal D.C. Plate Current (ma.)	175
Max. Signal Plate Input (watts)	220
Plate Dissipation (watts)	100

ข้อมูลทั่วไปของหลอด 838 Amperex



จุด A และ B ใน Plate Curve ก็คือจุด Maximum Positive Grid Voltage ($V_p = 100V$, $V_g = +60V$) และ Quiescent Point ($V_p = 750V$, $V_g = +20V$) ของวงจรตัวอย่างนี้ ตามลำดับ ซึ่งผม

ได้นำค่าที่ 2 จุดนี้ ไปแสดงไว้ใน Grid Current Curve จุด A และ B ตามลำดับเช่นกัน จะเห็นได้ว่า วงจรนี้ต้องการ Grid Current ที่ Quiescent Point = 10mA และที่ Maximum Positive Grid Voltage = 60mA ในขณะที่วงจรนี้ต้องการ Maximum Grid Voltage Swing = 80V (+60V ถึง -20V) ก็เอาค่าเหล่านี้ไปออกแบบ Driver Stage ต่อไปครับ หรือถ้าจะมองในรูปของ Input Impedance ซึ่งโดยมากแล้ว Input Impedance จะมีค่าต่ำสุดเมื่อ Grid เป็นค่าบวกสูงสุด ก็จะได้ว่า วงจร 838 SE นี้ มี Grid Impedance ต่ำสุดที่ประมาณ 1k ($60V / 60mA$) ก็สามารถนำค่านี้ไปใช้ออกแบบได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ไม่เสมอไปว่าทุกหลอดและทุกวงจร จะมี Grid Impedance ต่ำสุดเมื่อ Grid เป็นค่าบวกสูงสุด โดยเฉพาะหลอด Transmitting Tetrode และ Pentode ที่ Grid Current Curve จะไม่เป็นเชิงเส้นเหมือนหลอด 838 ในตัวอย่างนี้

เพราะฉะนั้น จึงควรตรวจสอบค่าใน Grid Current Curve เป็นช่วงๆ ด้วย เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ Input Impedance ลองดูตัวอย่างของ 838 ครับ

Vg	Ig	Input Imp
+60V	60mA	1.0k
+40V	25mA	1.6k
+20V	10mA	2.0k

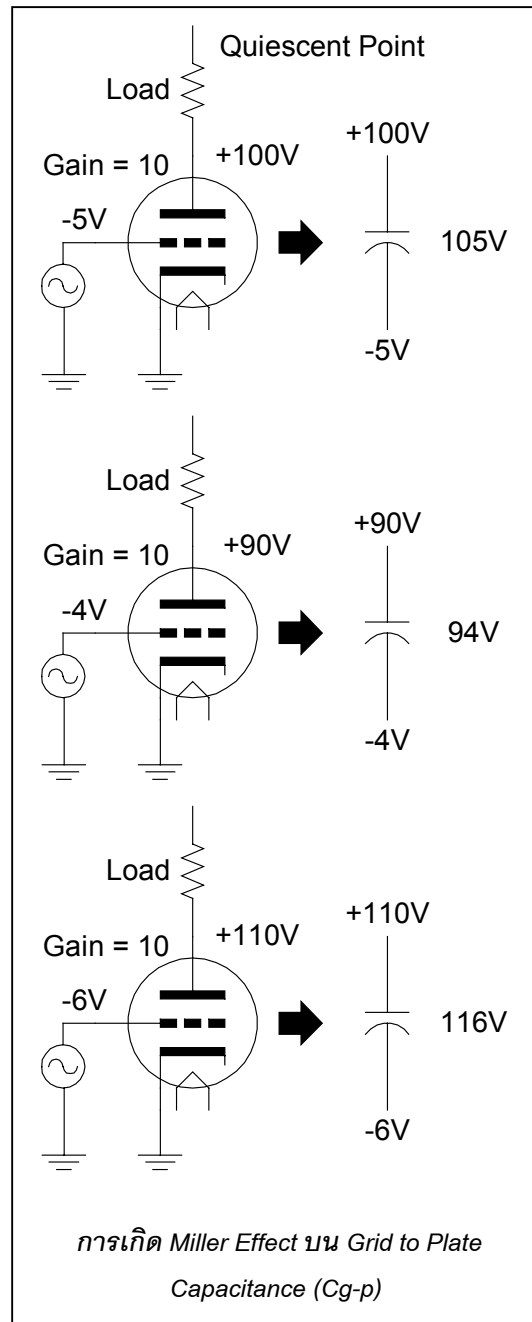
จะเห็นว่าวงจรนี้ มีค่า Input Impedance ต่ำสุดเมื่อ Grid เป็นค่าบวกสูงสุด และ Impedance มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อค่า Grid Voltage ลดลง เช่นนี้ก็สามารถนำค่า 1k หรือ 60mA @+60V Grid ไปใช้ในการคำนวณลำดับต่อไปได้เลย สำหรับวงจร 838 SE ตัวอย่างนี้ จึงสรุป Driver Requirement ได้ดังนี้

Required Voltage Swing	80Vpp
Maximum Grid Current	60mA
Maximum Driving Power	2.55W
Grid to Cathode Capacitance	6.5pF
Grid to Plate Capacitance	8.0pF

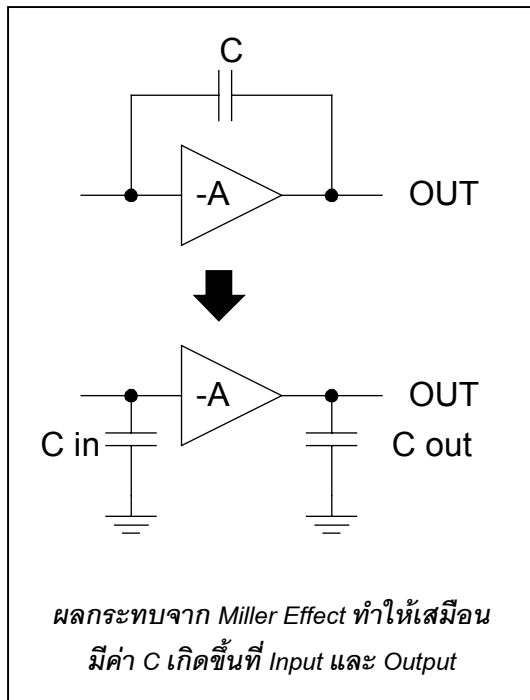
มาถึงตรงนี้แล้วคงจะงงกันว่า ค่า Cg-k และ Cg-p มาเกี่ยวอะไรด้วย ก่อนจะไปถึงผลกระทบจากค่า C ทั้ง 2 นี้ เราคงต้องมารู้จักกับ Miller Effect กันก่อนครับ หลายคนคงคุ้นๆ กับคำนี้ แต่ไม่ทราบว่ามันคืออะไรและมีผลกระทบอย่างไรบ้าง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นทั้งในวงจรหลอดและ Transistor ครับ เรามารู้จักกับมันซักหน่อยนะครับ

Miller Effect (Capacitance) เป็นปรากฏการณ์ที่ค่าแรงดันที่ปลายทั้ง 2 ของ C เปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กัน อันเนื่องมาจากอัตราขยายของวงจร ทำให้ค่า C เทียบเท่า (Equivalent Capacitance)

มีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย และค่า Equivalent C นี้ จะส่งผลกระทบต่อตอบสนองของวงจรด้วย ไหนๆ ก็คงกล่าวถึงผลกระทบแล้ว เราารู้จักการเกิดของ Miller Capacitance ในวงจรหลอดกันก่อนดีกว่า



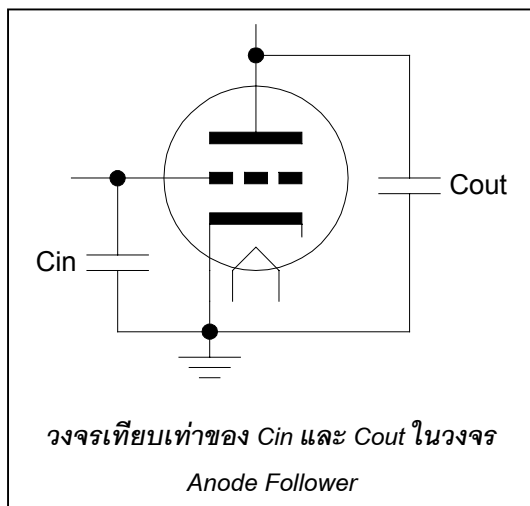
จะเห็นว่าเมื่อแรงดันที่ Grid (Vg) เปลี่ยนแปลง จะส่งผลให้แรงดันที่ Plate (Vp) เปลี่ยนแปลงด้วยตามอัตราขยายของวงจร ทำให้ค่าแรงดันที่ปลายทั้ง 2 ของ Cg-p เปลี่ยนแปลงไปพร้อมๆ กัน กระแสที่จะใช้ในการ Charge / Discharge ก็



จะเพิ่มขึ้น เปรียบเสมือนค่า C_{g-p} เพิ่มขึ้นนั่นเองครับ ($Q = C \times V$ และ $I = Q / t$ ใจครับ) นี่คือนิยามของ Miller Effect ที่เกิดในวงจร Anode Follower ครับ (และเกิดในวงจร Transistor Common Emitter ด้วยในลักษณะเดียวกันครับ) ที่นี้ค่า C Miller จะเป็นเท่าไร และส่งผลอย่างไรต่อการออกแบบวงจรของเรา นี่แหละครับประเด็นสำคัญ

$$C_{in} = C \times (1 + A)$$

$$C_{out} = C \times [1 + (\frac{1}{A})]$$



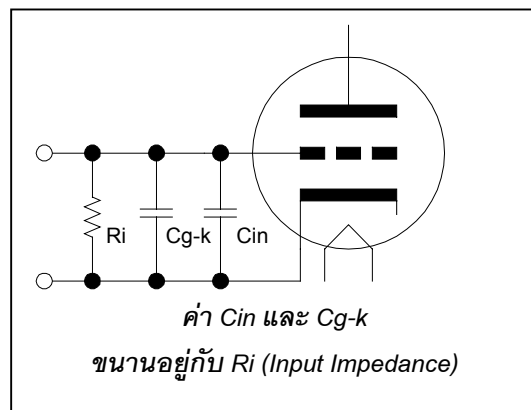
เมื่อแทนค่าต่างๆ จากวงจร 838 ของเรา
 $A = 50$ และ $C_{g-p} = 8\text{pF}$ จะได้ว่า

$$C_{in} = 8\text{pF} \times (1 + 50) = 408\text{pF}$$

$$C_{out} = 8\text{pF} \times [1 + (\frac{1}{50})] = 8.16\text{pF}$$

มาว่ากันถึงค่า C_{out} (Effective Output Capacitance) กันก่อนครับ ค่า C_{out} จะทำตัวเป็น C Bypass จาก Plate ไปที่ Cathode ซึ่งจะส่งผลทำให้การตอบสนองความถี่สูงลดลง เมื่อความถี่สูงขึ้น แต่ค่าเพียงแค่ 8.16pF นี้ ถือว่าไม่สร้างปัญหาซักเท่าไรนักเมื่อเทียบกับ C_{in} ครับ

ค่า C_{in} (Effective Input Capacitance) นี้จะไปขนานกับค่า C_{g-k} และกลายเป็น Load ตัวหนึ่งของ Driver Stage ด้วยครับ ซึ่งมีผลต่อ Input Impedance และการตอบสนองความถี่สูงของทั้งวงจร ไม่ว่าจะใช้ Driver ชนิดใดก็ตาม ถ้าไม่นำค่าทั้ง 2 นี้มาพิจารณาด้วย บางทีเราอาจจะออกแบบพลาดไปได้ ทำให้ Driver Stage ไม่สามารถขับโหลด Output ได้ตามที่ออกแบบไว้ หรือบางทีอาจจะมีความถี่สูงๆ เนื่องจากค่า C ทั้ง 2 นี้ขนานอยู่กับ Grid และค่า Reactance ของ C จะต่ำลงเมื่อความถี่สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ Input Impedance ของหลอด Output ต่ำลง จนเรากำนวณพลาดไปได้ครับ ลองมาคำนวณดูกันว่าค่า C นี้ จะส่งผลต่อวงจรอย่างไรบ้าง



$$C_{total} = C_{in} + C_{g-k} = 408 + 6.5 = 414.5 pF$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times 20000 \times (414.5 \times 10^{-12})}$$

$$X_c = 19.2 K$$

เมื่อค่า 19.2k มาขนานกับ 1k ที่เป็นค่า Input Impedance เดิมที่เราคำนวณมา จะเห็นว่า ผลรวมค่าเปลี่ยนแปลงไปจาก 1k ไม่มากนัก จึงพอจะอนุโลมใช้ 1k ไปเหมือนเดิมได้ เพราะฉะนั้น สำหรับตัวอย่างนี้ จึงจะละค่า C เหล่านี้ไว้ ไม่นำมาคำนวณครับ แต่สำหรับวงจรอื่นๆ ก็ต้องคำนวณออกมาดูเป็นครั้งๆ ไปครับ เท่าที่ผมคำนวณออกมาเป็น 7-8 เบอห์รลวด ก็ยังไม่พบปัญหาจากค่า C เหล่านี้ครับ แต่ของอย่างนี้รู้ไว้ใช่ว่าครับ อาจจะ เป็นประโยชน์ภายหน้าได้ หรือถ้าอยากจะคำนวณ Cut-off Frequency (-3dB) ของวงจรดู ก็จะได้ 384kHz ตามสูตรคำนวณ Cut-off Freq ทั่วไปครับ

$$f_{cut-off} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f_{cut-off} = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times (414.5 \times 10^{-12})}$$

$$f_{cut-off} = 384 kHz$$

การออกแบบวงจรขับ

ตอนนี้เราก็ทราบเงื่อนไขต่างๆ ที่จะนำไปออกแบบ Driver Stage แล้ว ลำดับต่อไปก็ต้องมาพิจารณาเลือกชนิดวงจรครับ แล้วจึงจะไปถึงการเลือกหลอดและจุดทำงานที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งเรามีทางเลือกชนิดของวงจรไม่มากนัก เนื่องจาก Driver Stage จะต้องขับ Load Impedance ค่าต่ำๆ (1k สำหรับตัวอย่างในบทความนี้) ได้โดยไม่เสียเสถียรภาพของวงจร ตรงนี้ต่างกับวงจร Class A1 ทั่วไป ซึ่ง Load Impedance ถือว่าสูงมาก (ระดับ Meg-Ohm) ซึ่งจะมีอิสระในการเลือกรูปแบบวงจร

Driver Stage ได้มากกว่า เนื่องจาก Power Stage แทบไม่ต้องการกำลังจาก Driver Stage เลย

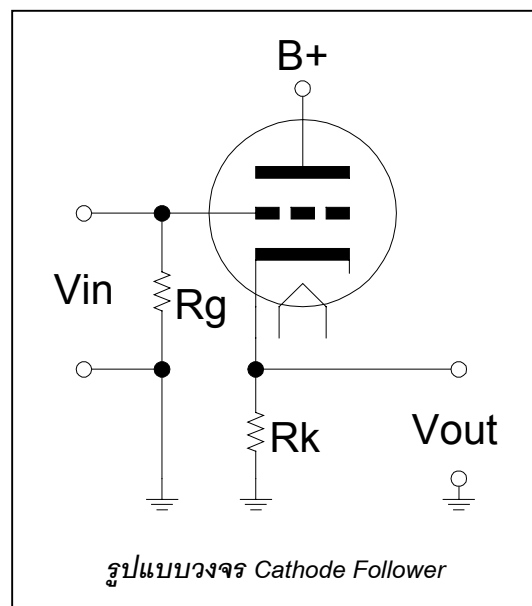
สำหรับบทความนี้ จะเสนอรูปแบบของ

Driver Stage แค่ 2 แบบคือ

1. Resistive Load Cathode Follower
2. Anode Follower with Transformer Coupling (Interstage Trans)

Resistive Load Cathode Follower

ก่อนจะไปถึงการออกแบบกัน เรามารู้จัก วงจร Cathode Follower กันซักหน่อยครับ วงจร Cathode Follower เป็นวงจรที่มีการป้อนกลับทาง แรงดันให้ตัวมันเอง 100% ทำให้ตัวมันเองไม่ขยาย สัญญาณเลย และมี Output Impedance ต่ำ



ที่นี้ลองมาดูการออกแบบวงจร Cathode Follower แบบพื้นฐานและข้อจำกัดในการใช้งานกันครับ ก่อนที่จะนำไปใช้ออกแบบเพื่อขับหลอด Class A2 ตามจุดประสงค์ของบทความนะครับ ลักษณะของวงจร Cathode Follower ก็เป็นไปตามรูปข้างต้นครับ หลอดถูก Bias ด้วย Rk (Self-Bias) เมื่อสัญญาณเข้ามาที่ Grid จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงกับค่า Plate Current ซึ่งค่าแรงดันที่ตกคร่อม Rk ก็เปลี่ยนแปลงด้วยตามสัญญาณ

Input ที่เข้ามา และค่าเปลี่ยนแปลงนี้ก็จะไปเป็น Local Feedback ย้อนกลับไปที่หลอด อัตราขยาย (Gain) ของวงจรจะต่ำกว่าค่า $\mu / (\mu + 1)$ เสมอครับ ใช่ครับ!! วงจรนี้มีการลดทอนสัญญาณเพราะค่าอัตราขยายนี้จะน้อยกว่า 1 อยู่เสมอ

การออกแบบวงจร Cathode Follower นั้นง่ายกว่า Anode Follower ในภาค 1 เยอะครับ แค่กำหนดจุดทำงานบน Plate Curve ว่าแรงดัน Plate, Plate Current และ Bias เป็นกี่ Volt แล้วคำนวณหาค่า R Cathode (Rk) ก็เป็นอันเสร็จครับสาระสำคัญจริงๆ อยู่ที่อัตราขยายของวงจรและค่า Output Impedance ครับว่าจะนำไปทำประโยชน์ได้ตามต้องการหรือไม่? มารู้จักวิธีการคำนวณค่าเหล่านั้นกันก่อนดีกว่า ผมจะใช้สูตรอย่างย่อเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานนะครับ

$$A \cong \frac{g_m r_k}{1 + g_m r_k}$$

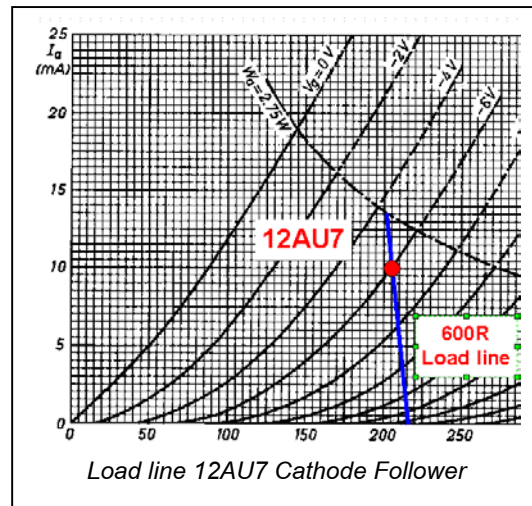
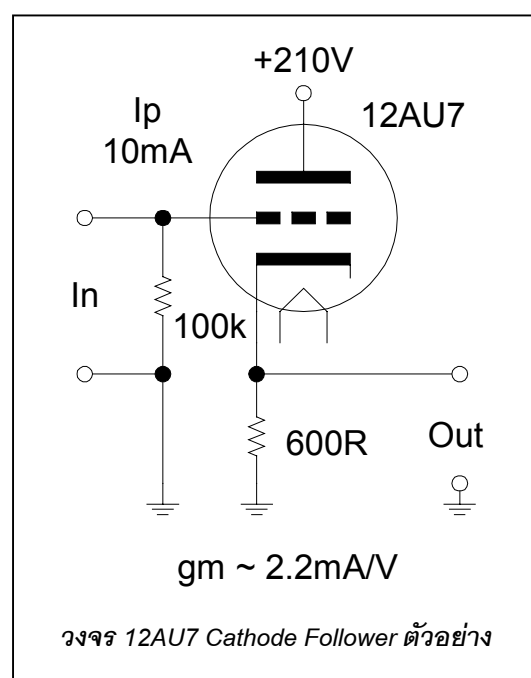
$$R_o \cong \frac{1}{(1/r_k) + g_m}$$

A = Gain

R_o = Output Impedance

R_k = Cathode Resistance

G_m = Transconductance

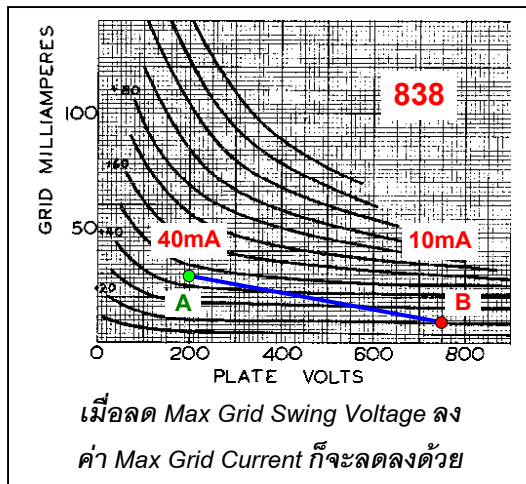


ยกตัวอย่างวงจร Cathode Follower 12AU7 มาคำนวณดูกันซักหน่อยดีกว่าครับ วงจรนี้ใช้แหล่งจ่าย +210V, Plate Current 10mA, Bias -6V (R_k = 600R) ค่า g_m ประมาณ 2.2mA/V

$$A = \frac{0.0022 \times 600}{1 + (0.0022 \times 600)} = 0.57$$

$$R_o = \frac{1}{(1/600) + 0.0022} = 259\Omega$$

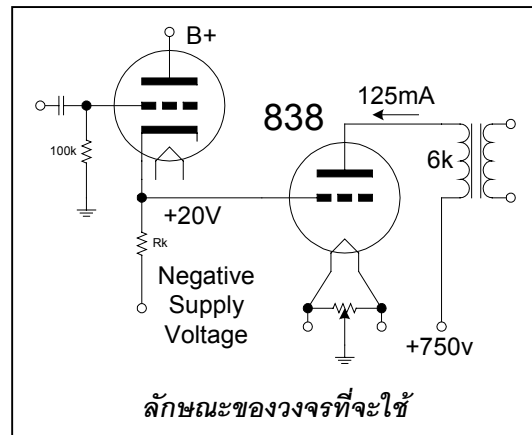
ที่นี้ลองมาออกแบบวงจรเพื่อ Drive 838 ของเรากันบ้าง ประการแรกก็ต้องเลือกหลอดที่เหมาะสมก่อน เงื่อนไขก็ตามตาราง Driver Requirement ข้างต้น ซึ่งหลอดที่น่าจะเหมาะสมกับ Driving Power ระดับนี้ ถ้าเป็น Power Triode ก็มี 300B, 2A3 ส่วน Power Pentode (Triode Connection) ก็เช่น KT88, 6550, EL34 เป็นต้น ซึ่งหลอดเหล่านี้สามารถ Swing Voltage ได้ตามที่เราต้องการ (80V) และสามารถ Run Current ได้มากกว่าที่ Grid ของ 838 ต้องการ ทางเลือกอีกอย่างหนึ่งก็คือการขนานหลอด อย่างเช่น EL84 2 หลอด Parallel กัน ก็สามารถรองรับ Driving Power ตามต้องการได้ อย่างไรก็ตาม ถ้ากลับไปดู Grid Current Curve ของ 838 อีกรอบ จะเห็นว่า ถ้าเราลดระดับการ Swing ของ Grid ลงมาเหลือแค่ไม่เกิน +50V ค่า Grid Current จะลดลงมากเหลือแค่



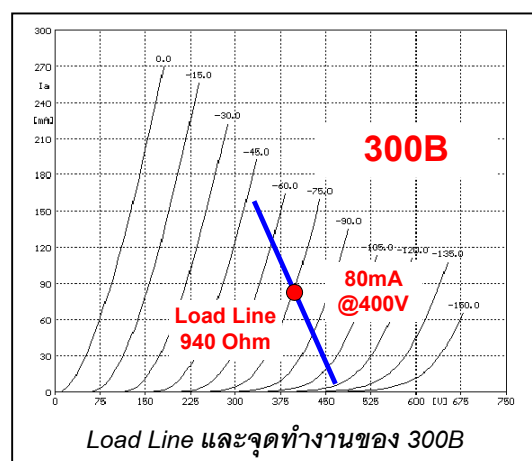
40mA เท่านั้น ทางเลือกสำหรับหลอด Driver ก็จะมีมากขึ้น แต่แลกมาด้วยกำลังขับของ Output Stage ที่ลดลง ก็ลองไปคำนวณหาจุดเหมาะสมกันเองว่าคุณพอใจที่จุดใด ส่วนผมจะยึดที่จุดออกแบบเดิมไว้ และเลือกหลอด 300B เป็น Driver Stage กำหนดให้หลอดทำงานที่แรงดันประมาณ 400V เนื่องจากหลอด 838 มีการ Swing ไปทางด้านไฟลบด้วย (-20V) เพราะฉะนั้นวงจร CF ที่เราจะใช้ ก็ต้อง Reference ไปที่ไฟลบด้วย จึงต้องมีการตัดแปลงวงจรนิดหน่อย เพื่อให้ Cathode ของ Driver สามารถ Swing เป็นค่า -20V เทียบกับ Ground ได้ ผมกำหนดจุดทำงานของ 300B ไว้ที่

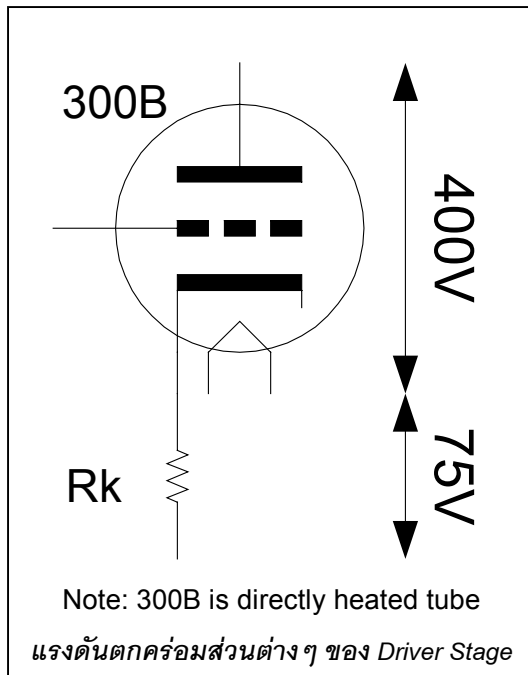
Plate Voltage	400V
Plate Current	80mA
Bias Voltage	-75V
Plate Dissipation	32W

ในขณะที่จุดทำงานสงบของ 838 จะต้อง Bias +20V จึงสามารถคำนวณได้ว่า Negative Supply Voltage ที่เราต้องการก็คือ $(-75) + 20 = -55V$ คำนวณแรงดันจ่ายไฟของ Driver Stage ได้เป็น $400 - 55 + 75 = 420V$ และจะคำนวณ R Cathode ได้เป็น $75V / 80mA \sim 940 \text{ Ohm}$ ค่า Plate Dissipation $400 \times 0.08 = 32W$ โดย



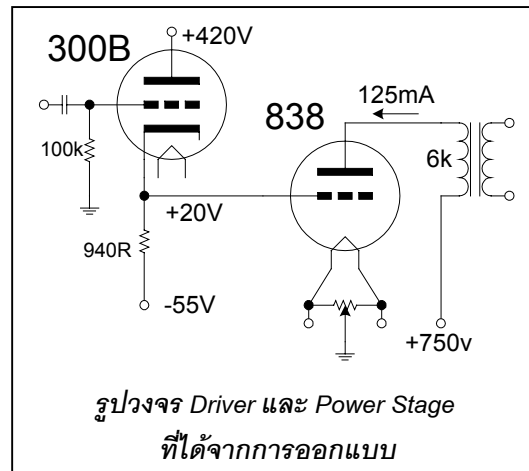
ประมาณ ซึ่งต่ำกว่าค่า Max Plate Dissipation 40W ของ 300B ก็ถือว่าปลอดภัยในการใช้งาน (อ้างอิงข้อมูลจาก 300B Western Electric Datasheet ถ้าจะนำ 300B ที่ไม่ใช่ Western Electric มาใช้กับวงจรนี้ ควรจะตรวจสอบค่า Max Plate Dissipation ก่อน ยกตัวอย่างเช่น 300B Mesh Plate ของ Full Music มีค่า Max Plate Dissipation เพียง 27W เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอที่จะใช้กับวงจรนี้) โดยปกติแล้ว ถ้า Output Impedance ของ Driver เท่ากับ Load ก็จะทำให้เกิดการแบ่งกระแสเท่าๆ กันระหว่าง Load และ Driver เพราะฉะนั้นในกรณีนี้ Driver Stage ควรจะมี Output Impedance ต่ำกว่า Load ในราว 5-10 เท่า อันที่จริงแล้วยิ่งต่ำก็ยิ่งดี แต่ก็ต้องลงทุนสูงตามไปด้วย ผมจึงคิดว่าตัวเลข 5-10 เท่า น่าจะใช้เป็นค่ากลางๆ ได้ อีกประการหนึ่งคือ เนื่องจากเราออกแบบวงจรบนพื้นฐานของค่า Input Impedance ใน





สภาวะที่เลวร้ายที่สุด (ในที่นี้คือ 1k) เพราะฉะนั้น ตัวเลข 5-10 เท่า จึงดูปลอดภัยกับสภาวะการทำงานปกติของ 838 เช่นนั้น เป้าหมายของเราจึงอยู่ที่ Output Impedance 100-200 Ohm เมื่อนำค่าที่ได้ออกแบบไว้ไปคำนวณหาค่าอัตราขยาย (A) และ Output Impedance (R_o) ตามสูตรเมื่อตอนต้น ก็จะได้ $A = 0.84$ และ $R_o = 155 \text{ Ohm}$ ตามลำดับ ซึ่งค่า Output Impedance ต่ำเพียงพอ ที่นี้ก็มาว่ากันที่อัตราขยายและสัญญาณ Input ที่จะต้องป้อนให้กับ 300B ละครับ รูปวงจรที่ได้จากขั้นตอนนี้เป็นเช่นในรูปครับ

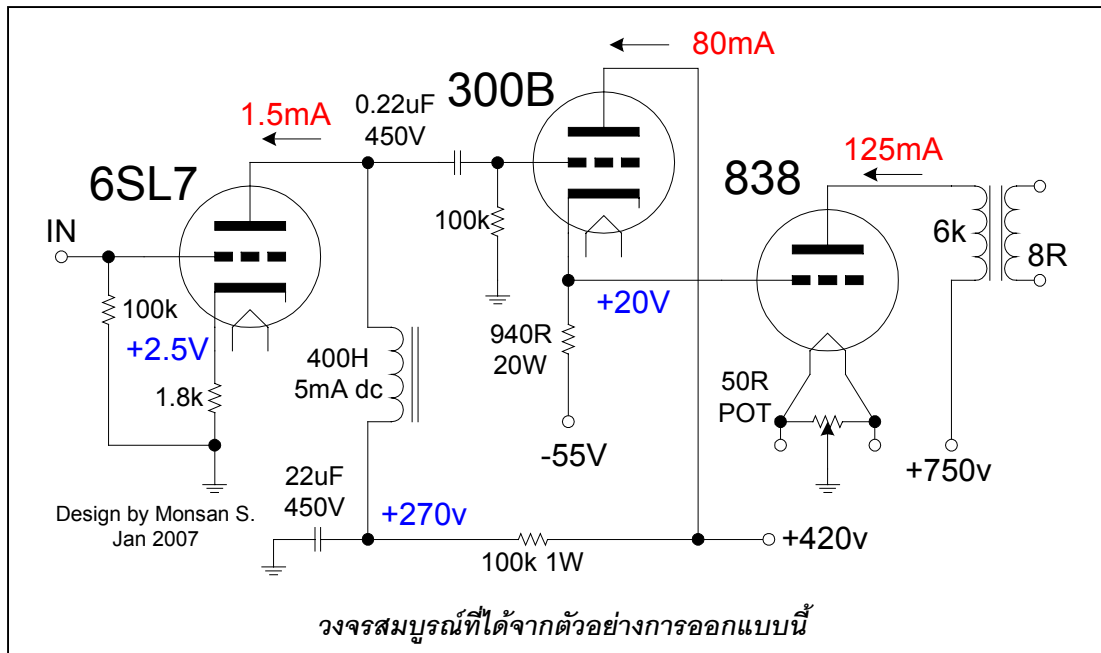
สุดท้ายก็คือหาสัญญาณมาป้อนเข้า Grid ของ 300B เพื่อให้ได้สัญญาณ Swing ที่ Cathode ไม่ต่ำกว่า 80V เนื่องจากอัตราขยายของวงจรคือ 0.84 Grid ของ 300B จึงต้องการสัญญาณแรงไม่ต่ำกว่า $80 / 0.84 = 95.24\text{V}$ ก็นำค่านี้ไปเพื่อออกแบบ Input Stage ต่อไป อาจจะเป็นวงจร 1 หรือ 2 Stage ก็ขึ้นกับผู้ออกแบบ ซึ่งผมขอข้ามขั้นตอนนี้ไป เนื่องจากมีรายละเอียดอยู่ในภาค 1 และ 2 แล้วผมสมมุติเป็นวงจร Anode Follower 6SL7 Inductive Load เลยละกัน ได้อัตราขยายราว 50 เท่า ทำให้ค่า Input Sensitivity ของวงจรนี้อยู่ที่



ประมาณ $(95 / 50) \times 0.707 = 1.34\text{Vrms}$ จุดทำงานของ 6SL7 คือ Plate Voltage 250V, Plate Current 1.5mA, Bias -2.5V และ Inductive Load 400H ถ้าอยากรู้ว่ามันทำงานยังไง ก็ลองเอาไปเขียน Load line กันเอาเองนะครับ

ในทางปฏิบัติแล้ว จุดทำงานและค่าแรงดันต่างๆ ในวงจร อาจจะไม่ได้เป็นไปตามที่คำนวณทั้งหมด จึงควรจะออกแบบวงจร Cathode Follower ให้สามารถปรับค่า Bias และ Cathode Voltage ได้เล็กน้อยครับ ชัก 10% ก็น่าจะเพียงพอแล้วครับ ซึ่งก็ทำได้หลายวิธี เช่นต่อ R อนุกรมระหว่างแหล่งไฟบวกและลบ แบ่งแรงดันมาป้อนเข้าที่ R Grid ของ 300B เพื่อให้สามารถปรับ Bias ได้เล็กน้อย เป็นต้น หรือออกแบบแหล่งจ่ายสำหรับ Bias เผื่อไว้ตั้งแต่ต้น ให้สามารถปรับแรงดัน Grid ของ 300B ได้ เมื่อค่า Plate Current และค่า Cathode Voltage ของ 300B เปลี่ยนไป จุด Bias ของ 838 ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยครับ

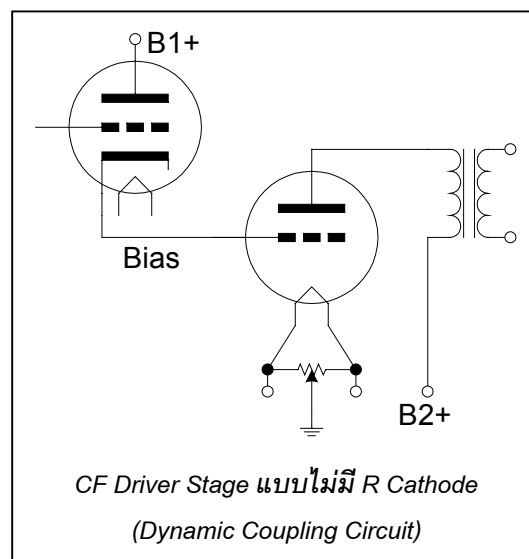
ที่นี้ลองมาดูข้อมูลทางด้านพลังงานกันซักหน่อยครับ วงจร 838 SE นี้ มีกำลังขับสูงสุด, Max Power Output ที่ประมาณ 35W @1.4%THD และมี Power Consumption ที่จุดทำงานสงบประมาณ $94\text{W} + 32\text{W} = 126\text{W}$ (ไม่รวม Input Stage ครับ) คิดเป็นประสิทธิภาพทางพลังงาน ~28% ก็ถือว่าเป็นค่าที่ไม่เลวนักครับ สำหรับวงจร Class A



นอกจาก Resistive Load CF แล้ว ก็ยังสามารถประยุกต์ไปเป็น Inductive Load CF ได้อีก พื้นฐานการออกแบบและคำนวณ ก็ไม่ได้ต่างจากที่กล่าวมานักครับ ข้อดีอย่างหนึ่งของ Inductive Load CF ก็คือความสามารถในการจ่ายกระแสที่สูงกว่า Resistive Load CF เมื่อใช้หลอดเดียวกันและจุดทำงานเดียวกัน แกมมัตราลดทอนต่ำกว่าด้วยเนื่องจากค่า Reactance ของ Choke จะสูงมากขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ในขณะที่ DCR ซึ่งเป็นตัวกำหนด Bias ยังคงมีค่าเท่าเดิม ก็ลองไปศึกษาและคำนวณกันดูเองนะครับ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการออกแบบวงจรได้ครับ ตัวอย่างวงจร Inductive Load CF สำหรับขับหลอด Output ใน Class A2 ลักษณะนี้ หาได้ใน DIY Journal YB2005 : More Dynamic With VT-51 SE Amplifier ครับ

ท้ายสุดสำหรับ Cathode Follower Driver Stage บางคนอาจจะเคยเห็นวงจรของชาวอาทิตย์อุทัย ที่ต่อ Cathode เข้าไปที่ Grid ของหลอด Power ตรงๆ โดยไม่มี R Cathode หรือแหล่งจ่ายที่ Cathode เลย เรียกว่า Dynamic Coupling Circuit ข้อดีก็คือตัดตัวแปรในวงจรออกไป 1 ตัว ซึ่งอันที่จริงแล้วก็คือการใช้ Input

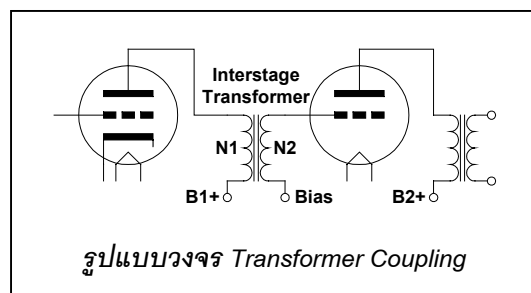
Impedance ของ Power Tube เป็น R Cathode ไปด้วยในตัวนั่นเองครับ ซึ่งจะสามารถทำได้ในกรณีจุดทำงานสงบของหลอด Power มีค่า Bias เป็นบวกเท่านั้นครับ ในการออกแบบก็ต้องเลือกหลอดและจุดทำงานของวงจร Cathode Follower ให้สอดคล้องพอดีกับค่า Input Impedance ของ Power Stage ครับ เช่น ถ้าที่สภาวะทำงานสงบหลอด Power ต้องการกระแส Grid 5.0mA ก็ควรจะเลือกหาหลอดที่ทำงานได้ดีในช่วงกระแส Plate ประมาณ 5.0mA และออกแบบวงจรให้ทำงานที่จุดนั้น ในการทำงานจริงของวงจร ค่า Input



Impedance ของวงจรจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ตาม สัญญาณที่เข้ามา ซึ่งจะทำให้จุดทำงานของวงจร Driver เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นกัน จึงเรียกว่า Dynamic Coupling ใจครับ คือการเชื่อมต่อระหว่างวงจรมัน Dynamic ไปเรื่อยๆ ตาม สัญญาณที่เข้ามานั่นเองครับ

Anode Follower with Transformer Coupling (Interstage)

จะเห็นว่าการใช้วงจร Cathode Follower มีเงื่อนไขทางแรงดันและกระแสอยู่มากมาย รวมทั้งสิ้นเปลืองพลังงานที่ Driver Stage มากพอสมควร และบางครั้งไม่สามารถหาหลอดที่ Spec เหมาะสมกับ Driver Requirement ได้ก็มี



หม้อแปลงหรือ Transformer มีคุณสมบัติในการแปลงค่าระหว่างแรงดันและกระแส สามารถใช้ Matching Impedance ระหว่างตัวขับและ Load ได้โดยอาศัยอัตราทด (Turn Ratio) ทำให้งานนี้ง่ายขึ้นมาก ไม่ว่า Spec ของหลอดจะเป็นอย่างไร ตราบเท่าที่ความสามารถเชิงกำลังขับเพียงพอ เราก็สามารถใช้อัตราทดของหม้อแปลง (Turn Ratio, $N_1 : N_2$) มาช่วยในการ Matching กับ Input Impedance ของ Grid ได้โดยง่ายครับ ก็ไม่ต่างกับที่ Output Transformer ในภาค Power ทำหน้าที่ Matching ลำโพงกับ Power Stage นั้นแหละครับ

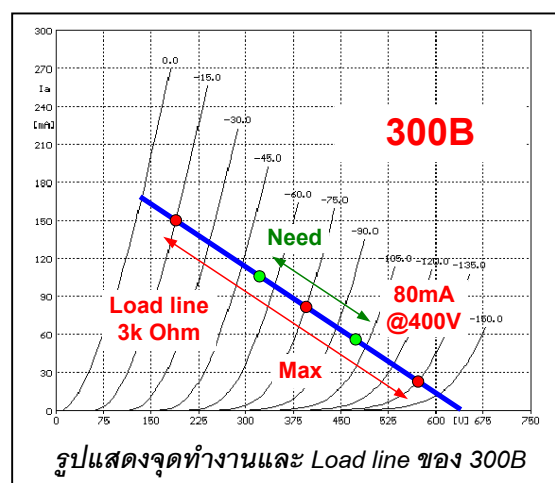
การเลือกหลอดที่เหมาะสมนั้น ในเบื้องต้นพิจารณาได้จากค่า Maximum Power Output ของหลอด ให้มากกว่าที่หลอด Power Output ต้องการเป็นใช้ได้ครับ แล้วค่อยไปพิจารณาเรื่องเงื่อนไขทางแรงดันและกระแสภายหลัง ตอนที่ออก

แบบวงจรและ Interstage Transformer แต่ถ้ามี Interstage Transformer อยู่แล้ว ก็คงจะต้องพิจารณาเงื่อนไขการ Swing แรงดันและกระแสของหลอด Driver ไว้ก่อนเลย เพื่อที่จะได้เลือกหลอดมาออกแบบ ให้เหมาะสมกับความต้องการของหลอด Power Output ครับ

อันที่จริง การออกแบบวงจรลักษณะนี้ ก็คือการออกแบบ Power Stage 2 ชุด โดยเอาชุดที่กำลังขับต่ำ ไปขับชุดที่กำลังขับสูงกว่านั่นเองครับ โดย Interstage Transformer ทำหน้าที่ Matching Impedance ระหว่าง Driver กับ Load ครับ

ผมเลือกหลอด 300B มาเป็น Driver Tube เหมือนเดิม เนื่องจากระดับกำลังขับเหมาะสมดีอยู่แล้ว และเพื่อให้นำไปเปรียบเทียบกับการออกแบบ Driver Stage แบบ Cathode Follower ก่อนหน้านี้ได้ด้วย การออกแบบวงจรส่วนนี้ก็เหมือนการออกแบบ Power Stage ปกติเลยครับ ลาก Load line บน Plate Curve และกำหนดจุดทำงานที่เหมาะสมของวงจร แล้วค่อยเอาข้อมูลจากวงจรมาออกแบบ Interstage Transformer กันเป็นอย่างสุดท้าย

จุดทำงานของวงจร Driver Stage เหมือนกับที่ใช้ในวงจร Cathode Follower ในตัวอย่างก่อนหน้านี้ทุกประการ คือ Plate Voltage 400V, Plate Current 80mA, -75V Self-Bias เพียงแต่ Load line เป็นค่า 3k เท่านั้น ถึงตอนนี้ก็สามารถ

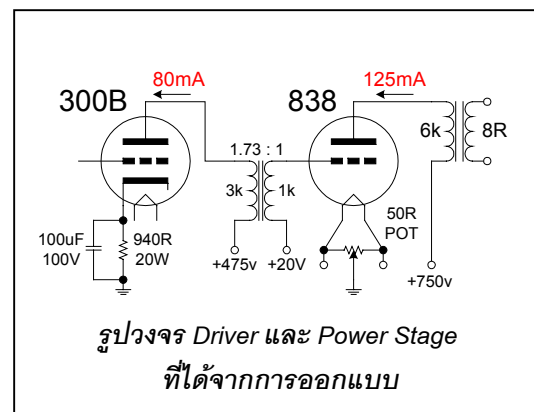


ระบุ Spec ของ Interstage Transformer ที่เหมาะสมกับวงจรนี้ได้แล้ว ก็คือ 3k : 1k Step-down Interstage Transformer โดยที่ Primary จะต้องรับกระแสตรงได้ไม่ต่ำกว่า 80mA ครับ ตรงนี้ระวังสับสนนะครับ อย่าเอาอัตราส่วน Impedance หรือ Impedance Ratio กับอัตราส่วนรอบ หรือ Turn Ratio มาปนกันครับ Impedance Ratio เท่ากับ Turn Ratio ยกกำลัง 2 นะครับ โดยมากแล้ว เมื่อพูดถึง Interstage Transformer ก็จะคุยกันที่ค่าอัตราส่วนรอบ หรือ Turn Ratio เป็นหลักครับ เพราะจะสะท้อนถึงค่าอัตราทดแรงดันและกระแสที่เราต้องการได้ชัดเจนกว่าค่าอัตราส่วน Impedance ส่วนค่าอัตราส่วน Impedance นั้น เพียงแค่บอกความเหมาะสม ในการใช้กับหลอดแต่ละเบอร์เท่านั้นครับ ฉะนั้น Interstage Transformer ที่เราต้องการคือ 1.73 : 1 Step-down 80mA DC Primary ครับ โดยที่ Primary Impedance มีค่า 3k ก็นำค่าไปออกแบบ Interstage Transformer กันเอาเองนะครับ

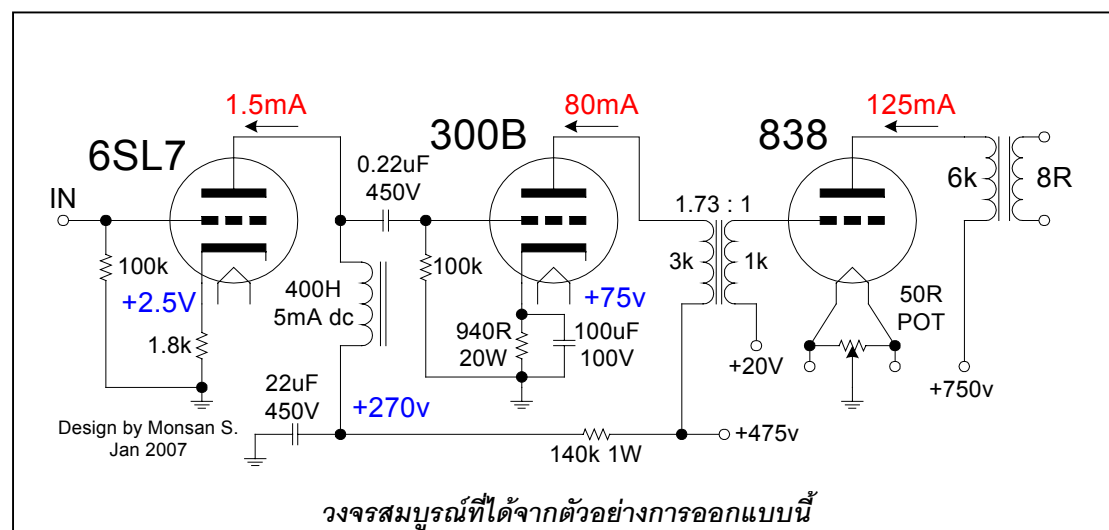
ทีนี้ลองมาคำนวณค่าเพื่อตรวจสอบความสามารถของ Driver Stage เทียบกับ Driver Requirement ดูครับ คิดที่ Grid ของ 300B Swing ระหว่าง -15V ถึง -135V ตามที่แสดงจุดไว้บน Plate Curve นะครับ (Max) เมื่อเอา Voltage และ Current Swing บน Primary มาคำนวณตามอัตรา

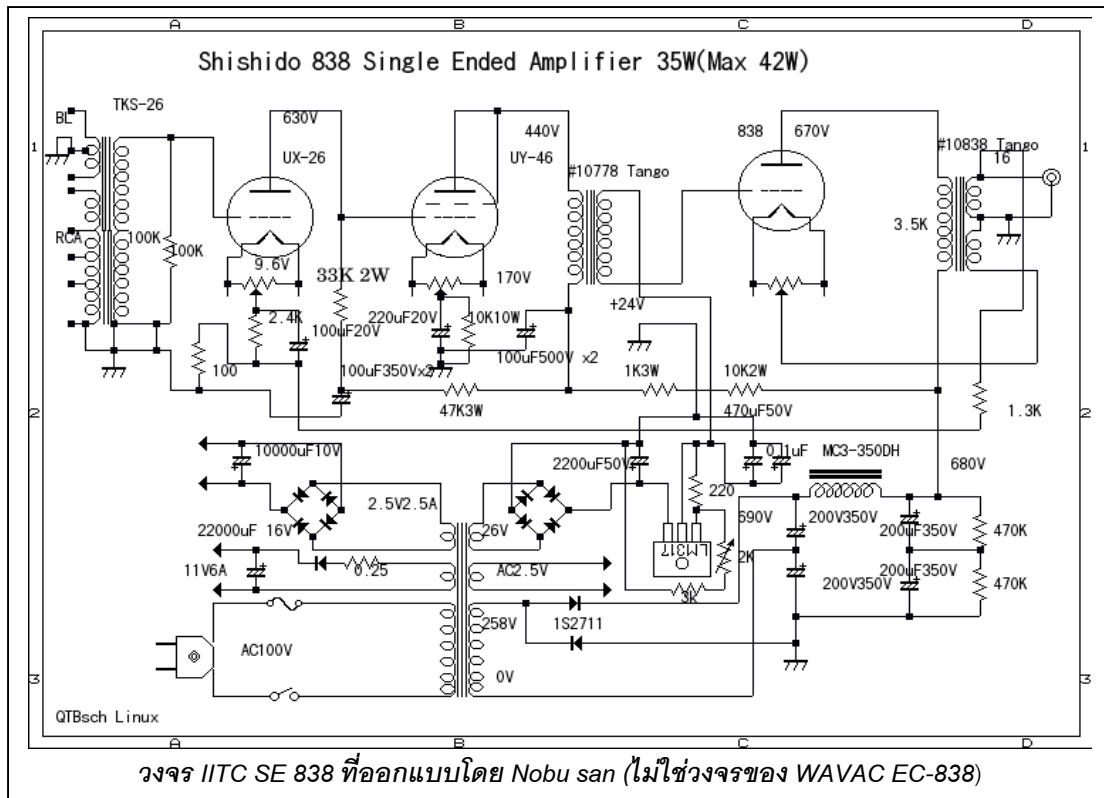
ทดของ Interstage Transformer ก็จะได้ค่าต่างๆ ดังตารางครับ

	Driver	Driver Req.
Voltage Swing	220Vpp	80Vpp
Max Grid Current	215mA	60mA
Max Driving Power	6.0W	2.55W



จะเห็นว่า Driver Stage วงจรนี้ มีความสามารถในการขับเคลื่อนจากความต้องการของ 838 ซะอีกครับ ในการใช้งานจริงนั้น หลอด 300B ไม่ได้ต้องการ Input Swing ถึง 120V ครับ เพียงแค่ 50V (-50V to -100V) ก็เพียงพอแล้วที่จะเกิดแรงดัน 80V ไปป้อนให้ Grid ของ 838 ในขณะที่ Interstage Transformer ก็สามารถจ่ายกระแสได้ ~80mA ซึ่งเกินจากที่หลอด 838 ต้องการ เทียบกับ





วงจร Cathode Follower ที่ออกแบบไปวงจรแรก
แล้ว จะเห็นว่าวงจรนี้มีอัตราขยายครบ ถึงจะไม่
มากนัก แต่ก็ยังดีกว่า Cathode Follower ที่มีแต่
อัตราลดทอน ค่า Input Swing ที่โหลด 300B
ต้องการเหลือเพียงแค่ 50V เท่านั้น ทำให้เรามีทาง
เลือกในการออกแบบวงจร Input Stage มากขึ้น มี
โหลดให้เลือกมากขึ้น และสามารถทำให้ Input
Sensitivity ของวงจรสูงขึ้นได้ เพื่อให้เปรียบเทียบกับ
วงจรกันได้ง่ายขึ้น ผมจึงใช้วงจร Input เหมือนเดิม
กับวงจรที่แล้ว จะคำนวณ Input Sensitivity ได้เท่า
กับ $(50/50) \times 0.707 = 0.707V_{rms}$ ครบ

อันที่จริงแล้ว จะเห็นว่าเป็นการสิ้นเปลืองเกินไป ที่จะใช้ 300B มาขับ 838 ในตัวอย่างข้างต้น ไม่ใช่เรื่องของมูลค่าหลอดนะครับ แต่ผมหมายถึงเรื่องของพลังงานครับ จะเห็นว่าเราสามารถเลือกใช้หลอดเบอร์อื่นและออกแบบให้ Plate Dissipation ต่ำกว่านี้ได้ เช่น 2A3 หรือ 10Y และใช้ Interstage Transformer ในการ Matching Impedance อย่างที่แสดงให้ดูไปแล้ว ก็ลองเขาไปคำนวณออกแบบเป็นการบ้านกันนะครับ

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้ว เราคงหา Interstage Transformer ค่าตามตัวอย่างได้ยาก หรือถ้าจะสั่งทำ (Made to Order) ก็ควรจะ เป็นค่าลงตัวเช่น 2 : 1 Step-down หรือ 3 : 1 Step-down เป็นต้น กรณีนี้เราสามารถปรับค่า Turn Ratio ให้มากขึ้นได้ เนื่องจากหลอด 300B ยังสามารถ Swing Voltage ได้อีกมาก เพียงแค่หา Input มาป้อน Grid ของ 300B เพิ่มขึ้นเท่านั้นเอง แถมยังมีผลพลอยได้เรื่องความสามารถในการจ่าย กระแสของ Secondary ที่เพิ่มขึ้นด้วย ไม่ต้องกังวล ว่า Grid Current ของ 838 จะไม่เพียงพอ ดูข้อมูล เปรียบเทียบจากตารางนะครับ

300B with Interstage	2 : 1	3 : 1
Load Impedance	3k	3k
Plate Voltage Swing	160Vpp	240Vpp
Plate Current Swing	65mA	80mA
Grid Input Voltage	58Vpp	86Vpp



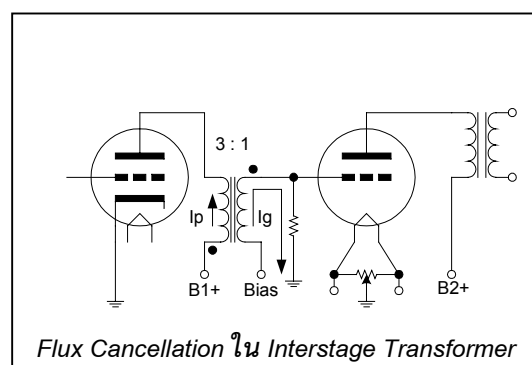
WAVAC EC-838 หนึ่งในผลงานออกแบบของ Nobu san เช่นกัน

ทีนี้ถ้าคุณมี Interstage Transformer อยู่แล้วละ จะเลือกหลอดมาออกแบบอย่างไร สมมุติว่าเป็น Interstage Transformer 2 : 1 Step-down 60mA DC, Primary Impedance 3k ละกัน ก็แค่คำนวณย้อนจาก Driver Requirement กลับไปหา Plate Voltage and Current Swing ครับ แล้วค่อยเอาค่าที่ได้ ไปเทียบหาหลอดที่เหมาะสมกันไปจากตารางข้างต้นจะเห็นว่า ที่อัตราทด 2 : 1 เราต้องการ Plate Voltage Swing 160Vpp และหลอดต้องทำงานที่ Quiescent Current ไม่เกิน 60mA แถมต้องเหมาะกับ Load 3k ด้วย มองซ้ายมองขวาก็เห็นจะมี 2A3 ที่เหมาะสม สามารถรองรับความต้องการนี้ได้ ก็ลองเอาไปออกแบบและคำนวณกันดูเองนะครับ ว่าถ้าใช้ 2A3 เป็น Driver Stage แล้ว วงจรจะเป็นอย่างไร ได้ค่าต่างๆ อย่างไรบ้าง ถ้าอ่านเข้าใจมาถึงตรงนี้ได้ก็ไม่ยากแล้วครับ

เราคงไม่สามารถจบเนื้อหาได้ ถ้ายังไม่ได้กล่าวถึง Inverted Interstage Transformer Coupled หรือที่เรียกย่อๆ ว่า IITC ซึ่งถูกประดิษฐ์

ขึ้นโดย Mr. Kouichi Shishido หรือที่มักเรียกกันติดปากว่า Nobu san นั้นแหละครับ

IITC เป็นวิธีการประยุกต์ใช้ Interstage Transformer โดยการป้อนกระแสตรง (DC) เข้าทาง Secondary เพื่อให้ทิศทางสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกน ไปหักล้างกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจาก Primary โดยการกำหนดค่า Load บน Secondary เพื่อให้เกิดกระแสไหลจำนวนหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้โอกาสอิ่มตัวของแกนลดลง ปริมาณกระแสที่จะป้อนเข้าที่ Secondary ก็ขึ้นกับอัตราส่วนรอบของ Interstage Transformer เอง และระดับสนามแม่เหล็กที่แกนรับได้ ซึ่งก็ต้องไปศึกษา



กันต่อในส่วนของการออกแบบหม้อแปลงครับ โดยหลักแล้วก็คล้ายๆ กับการออกแบบ Interstage Transformer แต่เนื่องจากการหักล้างของสนามแม่เหล็กด้วย ระดับ Flux Density ก็จะต่ำกว่าปกติ ทำให้สามารถใช้แกนหม้อแปลงเล็กลง หรือใช้วัสดุที่คุณสมบัติทางแม่เหล็กดี แต่มีตัวทางแม่เหล็กง่าย (เช่น Permalloy เป็นต้น) ในการออกแบบหม้อแปลงได้นั่นเองครับ

ส่วนประสิทธิภาพทางพลังงานที่ได้ ก็เท่ากับที่เราคำนวณกันมาแล้วครับคือ ~28% เนื่องจากจุดทำงานของ 838 และ 300B ยังคงเดิม และได้ Power Output เท่าเดิม ที่นี้ลองเอามาเทียบกับ Amp SE 845 Class A1 ดูครับ เนื่องจาก Plate Dissipation ของ 845 นั้นต่ำกว่า 838 จึงไม่สามารถกำหนดจุดทำงานให้ Plate Dissipation เท่ากันได้ สมมุติจุดทำงานที่ Plate Voltage 750V, Plate Current 95mA ละกันครับ (อ้างอิงจาก Datasheet 845 ของ Amperex) ได้กำลังขับ 15W (5% THD) Plate Dissipation 71W คิดเป็นประสิทธิภาพทางพลังงานได้ ~21% เท่านั้นเอง นี่ขนาดไม่ได้คิด Power Consumption ของ Driver Stage อย่างที่เราคำนวณตอนต้นนะครับ วงจร Class A2 นั้น โดยมากแล้วจะมีประสิทธิภาพทางพลังงานสูง

กว่าวงจร Class A1 ครับ ส่วนคัมค่าการลงทุนหรือไม่นั้น เป็นคำถามที่ผมทิ้งไว้ให้คุณตอบตัวเองครับ

ส่งท้าย

จะว่าไปแล้ว เนื้อหาในบทความนี้ก็อาจจะไม่ Basic เท่าไหร่ เมื่อเทียบกับ 2 ภาคแรก แต่ถือว่า Basic มาก สำหรับหัวข้อของมัน ก็คงพอจะรวมเป็น Series เหมือนหนังไตรภาคได้ แต่ภาคใดภาคมันนะครับ ไม่ได้ต่อกัน (ฮา..)

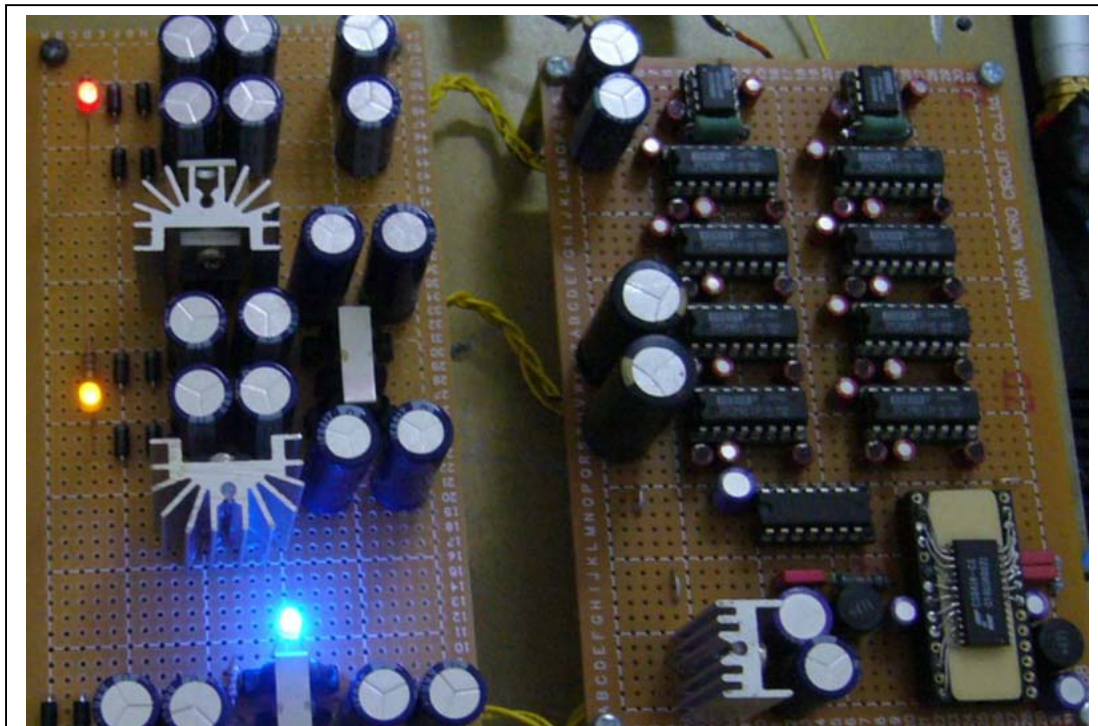
และขอย้ำอีกซักครั้งว่า ไม่มีสูตรสำเร็จในโลก DIY ครับ เนื้อหาในบทความนี้ เพียงแค่แนะนำแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบวงจร Class A2 เท่านั้นเอง ยังมีเนื้อหาและรายละเอียดทางทฤษฎี, ปฏิบัติ และการใช้งานอีกมากมายให้ศึกษากันครับ เช่นการออกแบบวงจร Push-pull Class A2 หรือ Class AB2 เป็นต้น ซึ่งก็ต้องประยุกต์ความเข้าใจใน Class A2, Class AB และวงจร Push-pull เข้าด้วยกัน หรือถ้าจะออกแบบ Driver Stage ให้เป็น Class A2 ด้วยเป็นต้น ยิ่งการใช้งานจริงจะมีรายละเอียดมากกว่านี้ครับ ยิ่งศึกษาลงลึกไป ก็จะมีพบบว่ามีทางเลือกในการออกแบบ, การประยุกต์ และใช้งานอีกมากมาย โลก DIY นี้ ยิ่งรู้มากขึ้นเท่าไร ก็จะมีทางเลือกได้มากขึ้นเท่านั้นครับ



PART I DIY YOUR OWN DAC

PARALLELING R-2R DAC

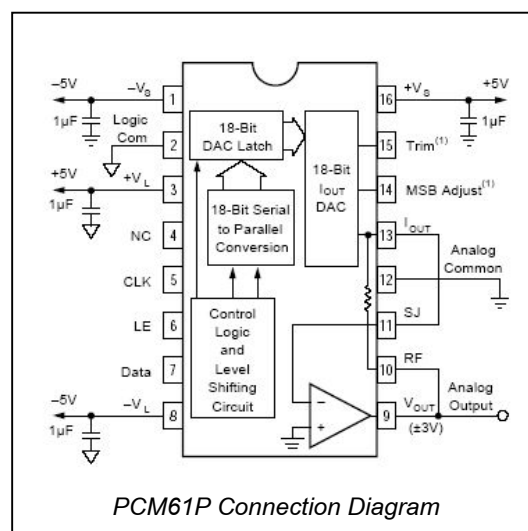
Author : ST



PCM61P 4x Parallel Non-Oversampling DAC

จากกระแส Non-Oversampling DAC ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างต่อเนื่องใน 2-3 ปีที่ผ่านมา DAC Chip ซึ่งเป็นที่นิยมกันมากที่สุด ก็คงไม่พ้นไปจาก TDA1541A และ TDA1543 แม้จะได้รับคำชมและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ในแวดวงนักดีไอวาย แต่นั่นก็ชวนให้คิดไปว่า DAC Chip เบอร์อื่นๆ เมื่อนำมาทดลองต่อใช้งานในแบบ Non-OS แล้วจะเป็นเช่นใด ด้วยเหตุที่ผมต้องมีธุระ ต้องเข้าไปที่บ้านหม้ออยู่บ่อยๆ จึงได้ไปเจอเข้ากับ DAC Chip Burr-Brown PCM61P โดยบังเอิญ

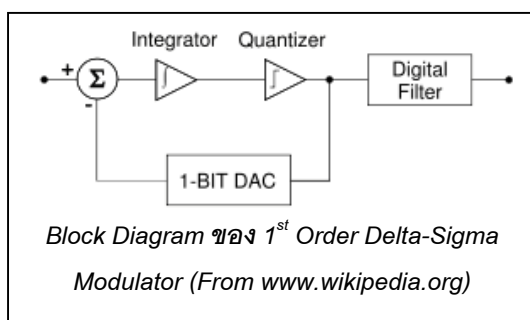
เมื่อได้ค้นดูข้อมูลจาก Datasheet ก็พบว่า เป็น Audio DAC Chip ที่ผลิตขึ้นตั้งแต่ปี 1989 จนถึงปี 1999 จึงเลิกการผลิต PCM61P เป็น Chip ที่มีโครงสร้างแบบ R-2R DAC โดยมี Pin และ



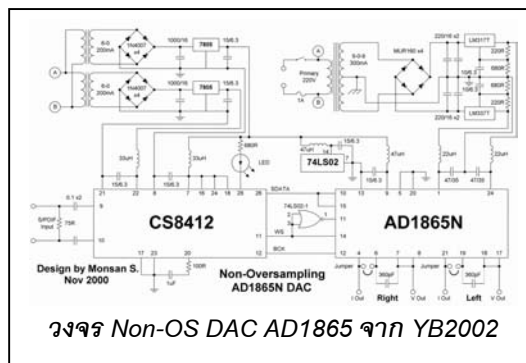
PCM61P Connection Diagram

Spec เหมือนกับ PCM56 แต่สิ่งที่ต่างกันคือจำนวนบิต โดย PCM61P จะเป็น 18 Bit ส่วน PCM56 16 Bit ในประเด็นเรื่องจำนวนบิตน้อยหรือมาก อย่าง

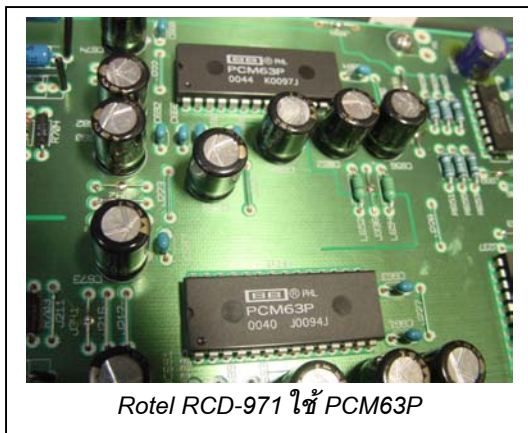
ไหนจะดีกว่ากันนั้น คุณจะไม่ซื้อฮาร์ดแวร์ที่ชัดเจนในวง การดีไอวาย เพราะแม้แต่ DAC Chip ที่เป็นรุ่นใหม่ ซึ่งใช้โครงสร้างแบบเดลต้า-ซิกมา (Delta-Sigma) 24 Bit ก็ได้รับการยอมรับจากวงการเครื่องเสียง ไฮไฟอย่างกว้างขวาง นั่นอาจเป็นเพราะเทคโนโลยี ดิจิตอลยังคงพัฒนาก้าวหน้าต่อเนื่องมาเป็นลำดับ ฮาร์ดแวร์บางประเด็นที่เคยเชื่อกันมา อาจไม่เป็นจริง ในวันนี้และวันข้างหน้า กรณี Delta-Sigma DAC Chip ในช่วงเริ่มต้นออกสู่ตลาด กลางทศวรรษ 90 ที่ถูกวิพากษ์วิจารณ์ในทางเสียหาย ในประเด็นคุณภาพเสียงที่ค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากตัวเดลต้า-ซิกมา มอดูเลชัน (Delta-Sigma Modulation) นั้นเอง แต่ในวันนี้ มันกลับมีคุณภาพดีขึ้นมาก สุรระดับคุณภาพ High Fidelity อย่างเต็มตัว ไม่ว่าจะเป็น AD1955, AD1853, CS4398, PCM1794, PCM1798, WM8740, AK4395, AK4396 จากจำนวน DAC Chip หลายตัวอย่างที่ได้กล่าวมา หากผู้อ่านอยากทดลอง OS DAC ก็นับว่ามีทางเลือกไม่น้อยเลยทีเดียว แต่คงต้องขอยกข้อยกเว้นไว้ตรงนี้ครับว่า DAC Chip ทั้งหมดที่ยกมาเป็นตัวอย่าง มี Digital Filter ทุกตัวครับ



ย้อนกลับมาถึง PCM61P นับว่าเป็น DAC Chip ที่ไม่ล้าสมัยได้รับความนิยมกว้างขวางนัก ในช่วงทศวรรษที่ 90 คงมีแต่เครื่องเล่นซีดียี่ห้อ Denon ใช้ DAC Chip เบอร์นี้เป็นหลักในหลายๆ รุ่น (DCD-690, DCD-890, DCD-1015, etc.) ใครที่เคยได้ฟังเครื่องเล่นซีดี Denon คงจะจำกันได้ถึงเสียงที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว แต่นั่นก็เป็นการต่อใช้



งานในแบบ OS DAC ครับ ประมาณร่วม 2 ปีมาแล้ว ที่ผมได้เริ่มทดลองต่อใช้งาน DAC Chip เบอร์นี้ในแบบ Non-OS มันเป็น DAC Chip ที่สะดวกในการใช้งานมากที่สุด ผู้ใช้งานสามารถที่จะเลือกต่อภาค Output ได้ทั้งแบบ Voltage Output (Vout) ที่ระดับ +/-3V และแบบ Current Output (Iout) ที่ +/-1mA เนื่องจาก PCM61P เป็น Mono Chip ดังนั้นต้องใช้ DAC Chip 2 ตัวเพื่อให้เป็น Stereo สำหรับวงจรในภาค Digital Receiver ก็ใช้ CS8414 Chip ยอดนิยมของ Cirrus Logic แล้วแยกสัญญาณซ้ายและขวาด้วย Logic Gate 74HC02 ซึ่งเป็น Logic แบบ NOR Gate สำหรับวงจรในส่วนนี้ สามารถดูได้จากวงจร DAC ที่คุณอาร์ตเคยลงไว้สำหรับ DAC Chip AD1865 ครับ (บทความ Non-Oversampling Digital Filterless Digital to Analog Converter, DIY Journal YB2002) การทดลองในขั้นแรก ผมเริ่มโดยการต่อ DAC Chip Channel ละ 1 ตัว จากนั้นก็เลือกต่อช่อง Vout แล้ว Coupling ด้วย C Solen FC 1uF แล้วต่อตรงเข้าไปยังปริ๊นท์บอร์ดเลย โดยไม่มีบัฟเฟอร์ครับ DAC Chip PCM61P นี้ ใช้เวลาเบิร์นอินไม่นานนัก คิดว่าไม่น่าจะเกิน 10 ชั่วโมงเสียงที่ได้จาก Vout นี้ ผมรู้สึกว่ามันค่อนข้างกระฉับกระเฉง ไดนามิคดี มีอาการแข็งกระด้างพอสมควร ซึ่งอาจเป็นผลมาจากตัวออปแอมป์ (Op-amp) ที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ข้างใน คุณภาพอาจแค่พอใช้ได้ เสียงแหลมค่อนข้างจะออกจืดจางเล็กน้อย เนื่องจากผมไม่ได้ต่อโพสทฟิลเตอร์ (Post



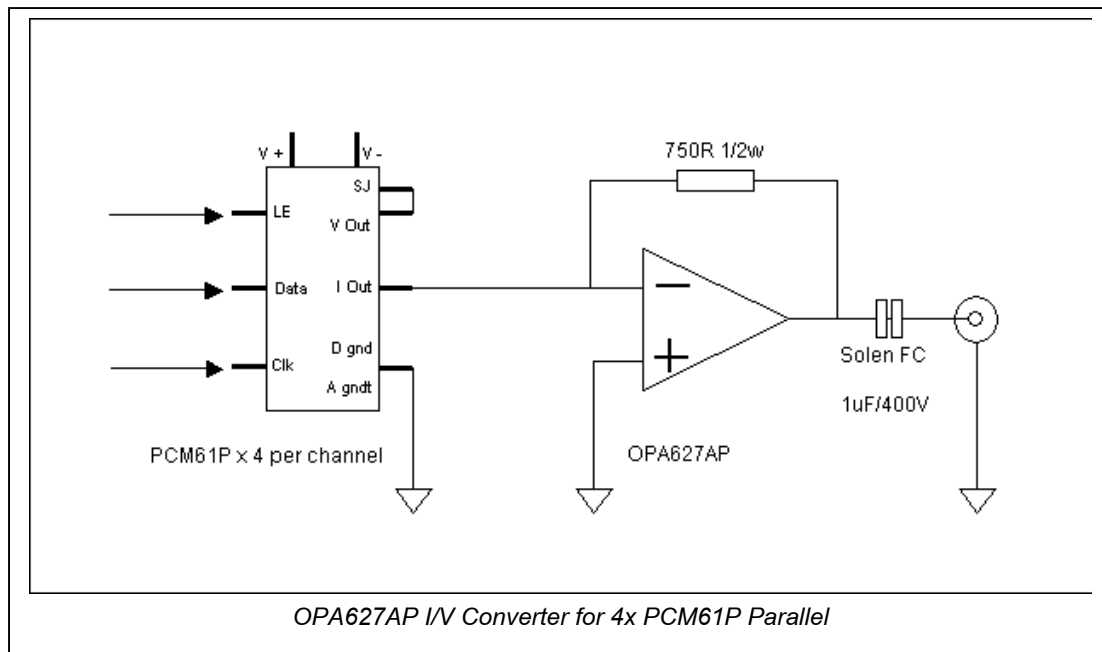
Rotel RCD-971 ใช้ PCM63P

Filter) ไว้ที่ช่องสัญญาณขาออก อย่างไรก็ตาม ผมคิดว่ามันเป็น DAC Chip ที่มีแวลต์มากทีเดียว จากนั้นจึงได้ทดลองในขั้นที่ 2 โดยการเปลี่ยนเป็นต่อออกช่อง lout โดยใช้โอปแอมป์เบอร์ OPA627AP ของ Burr-Brown เป็น I/V Converter และใช้ C Coupling Solen หลังโอปแอมป์ครบ จากการทดลองฟังในครั้งนี้ เสียงที่ได้ฟังเรียกได้ว่าสมศักดิ์ศรีของความเป็น Chip Burr-Brown ครบ เสียงกลางออกนุ่มแต่ไม่หวานนัก ย่านเสียงแหลมระยิบระยับครบ ส่วนเบสคอนโทรลได้ดี แต่ยังรู้สึกว่ามันน่าจะไปได้ดีกว่านี้อีก เมื่อเทียบกับเสียงของ DAC Chip รุ่นท็อปในอดีตอย่าง PCM63P ซึ่งให้ Sound Stage ได้สมบูรณ์แบบกว่ามาก และยังให้ไดนามิกที่ดีจะจับไวกว่า หลังจากที่ได้ทิ้งบอร์ดต้นแบบไว้ร่วม 3-4 เดือน บังเอิญว่าได้ไปเห็นรูปโครงงาน DIY DAC จากญี่ปุ่น ที่ใช้ PCM61P จำนวนหลายๆ ตัวมาขนานกัน ตั้งแต่ 2-4-6-8 ตัวต่อ Channel ไปจนถึงการทำให้เป็น Differential Pair ที่ใช้ DAC Chip จำนวน 8-16 ตัวต่อ Channel คงจะมีเหตุผลอะไรบางอย่างเป็นแน่แท้ จึงได้มีความพยายามในการนำเอา DAC มาขนานกันเช่นนี้บ้าง Mr. Thorsten Loesch ได้กล่าวอ้างถึงข้อดีของการขนาน DAC Chip จากเอกสาร EVM1702 PCM1702 Evaluation Module Manual ซึ่งจัดทำโดย Burr-Brown มีการกล่าวอ้างในหน้าที่ 7 ไว้ว่า "Performance และคุณภาพเสียงในระดับขั้นที่

ยอดเยี่ยมกว่านั้น สามารถทำได้โดยการขนาน DAC Chip จำนวน 4 ตัวต่อ Channel เทคนิคการต่อแบบนี้เป็นผลให้ THD+N (Total Harmonic Distortion + N) มีค่าที่ต่ำ (-100dB) และมี Dynamic Range ที่สูงขึ้นถึง 112dB ผู้ใช้งานอาจต่อ DAC Chip เบอร์ PCM1702 แบบขนานจำนวน 4 ตัวต่อ Channel การต่อแบบขนานของ DAC PCM1702 จำนวน DAC (N=1,2,3,4) อาจถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานเอง โดยที่ตัวความต้านทานฟีดแบ็ค (Feedback) Rf1 และ Rf2 ในภาค I/V Converter ควรปรับเปลี่ยนไปตามจำนวน (N) ของ DAC Chip ส่วน Output Voltage สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้"

$$V_{p-p} = \pm 1.2mA \times N \times R_{f1,2}$$

ถึงแม้ว่าจะมีข้อถกเถียงกันในประเด็นอื่นๆ ไปจากนี้อีกมากมาย เป็นต้นว่า เรื่องจำนวนบิตและช่วงเวลาที่ไม่เท่ากันของ DAC ที่ขนานกัน (Glitch), ค่า THD+N และไดนามิกเรนจ์ (Dynamic Range) ของ DAC Chip แต่ละตัวอาจต่างกันในกรณีที่ไม่ได้คัดเกรด สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อ DAC ขนานในด้านใดด้านหนึ่ง แต่มันก็ควรค่าแก่การทดลองเพื่อที่จะฟังอยู่ดี แม้ DAC Chip ที่กล่าวอ้างถึงในเอกสารของ Burr-Brown จะเป็นเบอร์ PCM1702 ซึ่งเป็นรุ่นที่ใหม่กว่า PCM61P หากแต่ในทางหลักการแล้ว มันก็ควรจะมียะยะที่ไปถึงถึงผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันในการประยุกต์ใช้กับ DAC Chip เบอร์อื่น เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาและอุปกรณ์ในการทำบอร์ดฮาร์ดแวร์ ผมจึงตั้งกรอบไว้ ไม่ให้มันเป็น DAC ขนานมากตัวที่มีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งอาจมีความยุ่งยากในการเตรียม Power Supply ที่ต้องการกระแสมากขึ้น ดังนั้นผมจึงเลือกที่จะใช้ DAC PCM61P ขนานกันจำนวน 4 ตัวต่อ Channel โดยที่ภาค Digital Receiver และ Logic Gate ยังคงไว้เช่นเดิม การขนาน DAC นี้ ในภาคอินพุตสัญญาณเข้านั้น จำนวน DAC Chip ที่เพิ่มขึ้นมา ก็

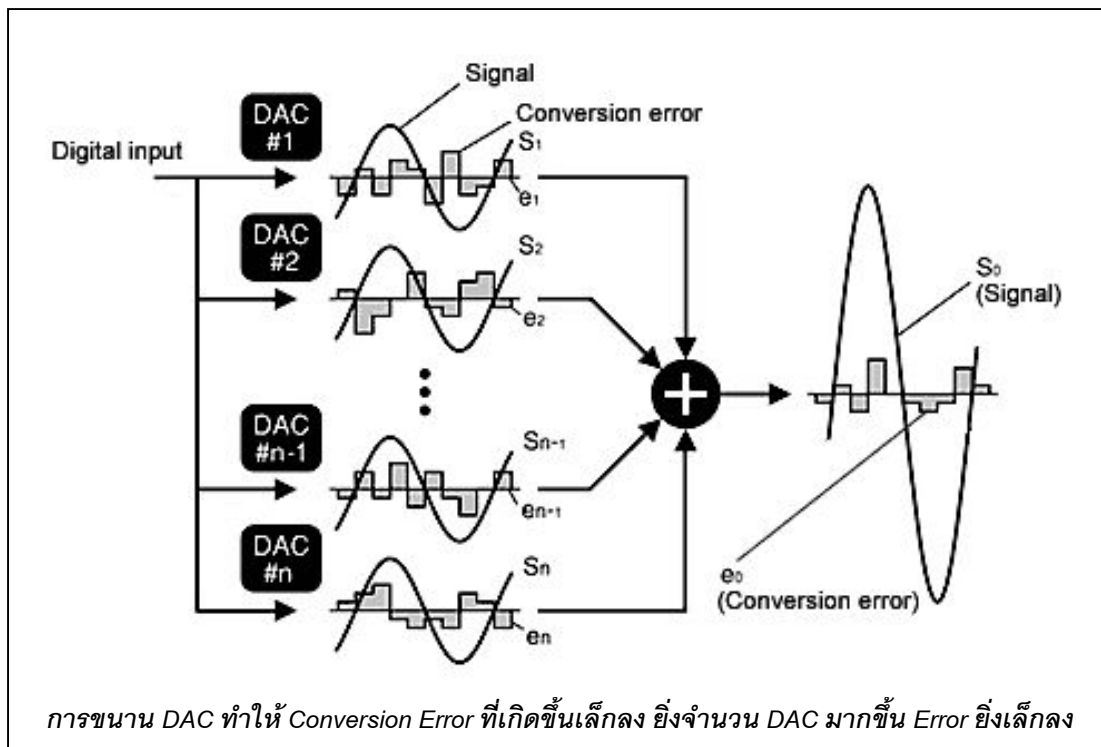


สามารถต่อแท้ออกมาจาก DAC ตัวแรกโดยตรง และในภาค Output ขา Iout ของ DAC ทุกตัว ก็จะต่อถึงกันครับ ผลจากการฟังเป็นไปตามที่เอกสารของ Burr-Brown ได้กล่าวเอาไว้ ผมเองไม่ได้มีเครื่องมือวัดเป็นทางการแต่อย่างใด คงได้เพียงแค่ทดลองฟังครับ เสียงที่ได้ให้ชาวนด์สเด่นใหญ่ขึ้นกว่าเดิมมากทั้งด้านกว้างและลึก มิติภายในสเตอริโอแยกแยะชัดเจนกว่าเดิมมาก ในย่านเบสก็ให้เสียงเบสที่มีคุณภาพกว่า DAC Chip ตัวเดียวอย่างชัดเจนในเรื่องพลังกำลัง กล่าวโดยรวมผมคงสรุปสั้นๆ ว่า การขนาน DAC ช่วยปรับปรุงคุณภาพเสียงในประเด็นของความเป็น High Fidelity ในดีกรีที่สูงขึ้นไปครับ แต่มันก็มีข้อเสียเช่นกันครับ ดูเหมือนว่ารายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ ที่ได้ยินได้ฟังจาก DAC

Chip ตัวเดียวจะหายไปอย่างพอสั่งเกตได้ แต่ก็ไม่ถึงกับลดลงอย่างขาดหายไปทีเดียว สาเหตุอาจมาจาก DAC Chip ที่ใช้นี้ เป็นเพียงรุ่นมาตรฐาน P Grade โดยรุ่นที่ดีกว่าจะต้องมีรหัสตามท้ายคือ J, K ซึ่งจะบ่งชี้คุณภาพที่สูงขึ้นตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว ใน DAC Chip รุ่นมาตรฐานอาจยังมีความแตกต่างกันของ THD+N, Dynamic Range ใน Chip แต่ละตัวอีกประเด็นหนึ่ง หากจะเปรียบเทียบการขนาน DAC Chip Burr-Brown PCM61P กับ Philips TDA1543 แล้ว ด้วยมุมมองอัตวิสัยส่วนตัวของผู้เขียนในฐานะที่เป็นผู้ทดลองแล้ว ในภาพรวมมีทิศทางที่สอดคล้องกัน กล่าวคือไดนามิคดีขึ้น และฟังดูน้ำเสียงสะอาดสะอ้านราบเรียบกว่าเดิม แต่สิ่งที่ต่างกันคือรายละเอียดเสียงของ DAC

DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Total Harmonic Distortion + N ⁽²⁾					
PCM61P					
f = 991Hz (0dB) ⁽³⁾	f _S = 176.4kHz ⁽⁴⁾	-88	-82		dB
f = 991Hz (-20dB)	f _S = 176.4kHz	-74	-68		dB
f = 991Hz (-60dB)	f _S = 176.4kHz	-34	-28		dB
PCM61P-J					
f = 991Hz (0dB)	f _S = 176.4kHz	-94	-88		dB
f = 991Hz (-20dB)	f _S = 176.4kHz	-76	-74		dB
f = 991Hz (-60dB)	f _S = 176.4kHz	-36	-34		dB
PCM61P-K					
f = 991Hz (0dB)	f _S = 176.4kHz	-98	-92		dB
f = 991Hz (-20dB)	f _S = 176.4kHz	-80	-74		dB
f = 991Hz (-60dB)	f _S = 176.4kHz	-40	-34		dB

ตารางแสดงค่า THD + N ของ PCM61 เกรดต่างๆ (P, J, K Grade)

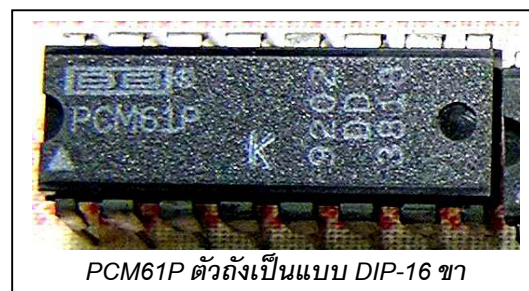


ขนาน Philips จะลดลงอย่างเป็นนัยยะสำคัญ แม้จะเป็นการขนาน DAC จำนวน 4 ตัวเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเราดู Spec เทียบกันตัวต่อตัวแล้ว จะเห็นว่ามันไม่มีความสมเหตุสมผลที่เป็นวิทยาศาสตร์มากพอในการเปรียบเทียบ เนื่องจากมีความแตกต่างทั้งด้านโครงสร้างไปตลอดจนตัวเลข และ Spec ที่ต่างกัน จึงขอหมายเหตุไว้ ณ ที่นี้ว่าเป็นเพียงข้อสังเกตในเรื่องความต่างของเสียง ในฐานะนักดีโวยงานอดิเรกเท่านั้นครับ

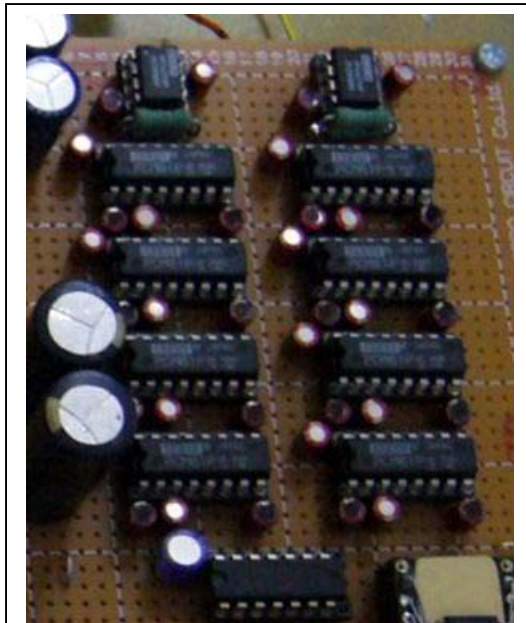
Number of converters	Output level	Noise level	Output level / noise level
1	1	1	1
2	2	1.41	0.71
3	3	1.73	0.58
...	...	...	...
16	16	4	0.25
...	...	...	...
n	n	$\sqrt{n}$	$1/\sqrt{n}$

ตารางแสดง Output/Noise Level จากการขนาน DAC จำนวน n ตัว

ยังมีอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจในเรื่องการขนาน DAC ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของ Accuphase นั่นคือ MDS (Multiple Delta-Sigma DACs) ซึ่งก็คือ



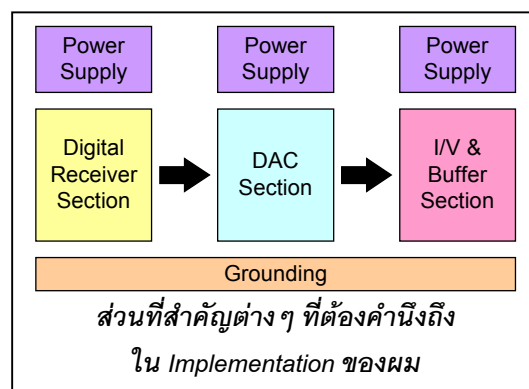
การนำเอา DAC Generation ใหม่ Delta-Sigma มาขนานกัน เป็นการปรับปรุงมาจากเทคนิค MMB (Multiple Multi-Bit DACs) ซึ่งใช้ DAC ที่มีเรโซลูชัน (Resolution) แบบมัลติบิตรุ่นก่อนๆ มาขนานกันเท่านั้นเอง หากดูโดยผิวเผินก็ไม่มีประเด็นใหม่ที่น่าสนใจนัก แต่อย่างน้อยนี่ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการดีโวย DAC ในแบบอื่นไม่ว่าจะเป็น Delta-Sigma DAC หรือ Sigma-Delta DAC ก็สามารรถที่จะนำมาใช้งานขนานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม สำหรับนักดีโวย การเลือก DAC รุ่นใหม่นี้ควรระมัดระวังไว้ประการหนึ่ง ว่าท่านควรเลือก DAC Chip ที่สามารถ Configure ใน Hardware Mode ได้ เพื่อความสะดวกในการทำงานครับ



PCM61P 4x Parallel DAC และ
OPA627AP I/V Converter

สำหรับบทความนี้ ไม่ได้เจาะจงลงไปในเรื่องรายละเอียดของวงจรแต่อย่างใด เนื่องจากว่าผู้เขียน มีความประสงค์เพียงการแนะนำให้ผู้อ่านในฐานะนักดีไอวาย ได้มองเห็นแนวทางการทำวงจร DAC ที่หลากหลายมากขึ้น ผมไม่ได้หมายถึงว่า DAC ที่ได้รับความนิยมในบ้านเราที่สุดอย่าง TDA1541A เป็น DAC ที่ไม่ดี หากแต่ DAC Chip ทุกตัว มีเอกลักษณ์ในแนวทางเสียงแบบฉบับของตัวเองอยู่ หลายๆ ครั้งที่ผมได้ทดลอง DAC Chip เบอร์ต่างๆ ซึ่งมันก็มีแนวเสียงที่ต่างกันออกไป และความเข้ากันได้กับชุดเครื่องเสียงแต่ละชุด ก็ย่อมแตกต่างกันไปเช่นกัน กับเครื่องเสียงชุดหนึ่ง DAC เบอร์หนึ่งอาจเล่นได้ดีมาก ในขณะที่อีก DAC Board หนึ่งอาจแย่มาก แต่สิ่งที่เป็นสาระสำคัญที่สุดในการดีไอวายคงไม่ใช่การค้นหา DAC Chip ที่ดีที่สุด เพราะสิ่งที่สำคัญในโลกแห่งความเป็นจริงคือ ประการแรก เมื่อพิจารณา DAC Chip ที่เราได้เลือกแล้ว เราได้ค้นเอาศักยภาพของมันออกมาอย่างเต็มความสามารถแล้วหรือยัง โดยผมจะไม่ได้ให้ความสำคัญกับ DAC Structure หรือ Circuit Topology สักเท่าใดนัก จากจุดนี้ก็มีมีความเกี่ยว

เนื่องต่อมายังประเด็นที่สองที่สำคัญมากกว่า ก็คือผมให้ความสำคัญกับ Implementation มากที่สุดไม่ว่าคุณจะใช้ DAC Chip เบอร์ใด จะจัดวงจรเช่นไร คำว่า Implementation ที่ผมได้กล่าวไป มีความหมายครอบคลุมดังต่อไปนี้ วงจรภาค Digital Receiver, วงจรภาค DAC, วงจรภาคบัฟเฟอร์, Power Supply ของภาค Digital Receiver, Power Supply ของภาค DAC, Power Supply ภาคบัฟเฟอร์, Ground ภาค Digital Receiver, Ground ภาค DAC และ Ground ภาคบัฟเฟอร์



ส่วนในเรื่องรายละเอียดของการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์นั้น เป็นเรื่องรสนิยมในแนวทางเสียงของนักดีไอวายแต่ละคน จึงขอละไว้ แนนอนที่สุดว่าผมคงไม่มีบทสรุปว่า DAC เบอร์ใดรุ่นไหนดีกว่า หรือแย่กว่าเบอร์นั้นเบอร์โน้น DAC Non-OS หรือ OS อย่างไรดีก็ว่ากัน บัฟเฟอร์แบบหลอดหรือออปแอมป์หรือโซลิดสเตต อย่างไรดีก็ว่ากัน ประเด็นนี้อยู่เพียงว่าคุณค้นพบความชอบ และสิ่งที่คุณชอบในการทดลอง DAC บอร์ดของคุณหรือยัง

ST.

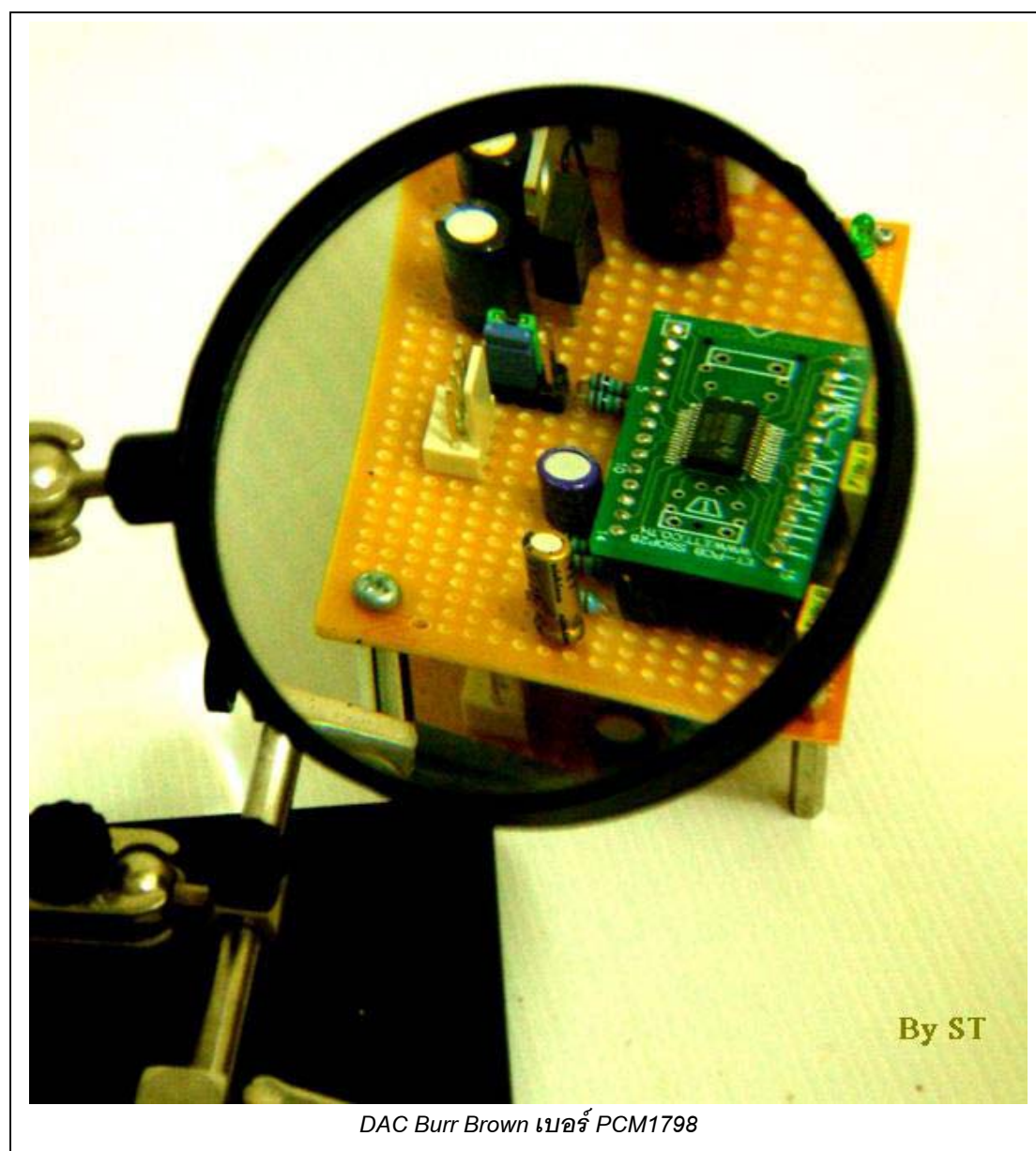


PART II **DIY YOUR OWN DAC** PROTOTYPING OS DAC

Author : ST

ในภาคที่ 2 นี้ผมขอพูดถึงเรื่อง Over Sampling DAC ดังที่กล่าวถึงไว้บ้างแล้วในภาคก่อนนี้ ในครั้งนี้ผมขอยกตัวอย่าง OS DAC เบอร์ PCM1798 ของบริษัท Burr-Brown ครับ ขอยกข้อมูลมาพูดถึงโดยสังเขปดังนี้ DAC Chip PCM1798 เป็น Chip ที่มีโครงสร้างซึ่งทาง Burr-Brown เรียก

ว่า Advanced Segment DAC โดยแท้จริงแล้วมันก็คือ Delta Sigma DAC แบบ CMOS นั่นเอง ปัจจุบันนี้เทคโนโลยี CMOS ได้กลายมาเป็นมาตรฐาน Audio DAC ไปแล้ว PCM1798 เป็น DAC Chip ที่มีตัวเลขทางไฟฟ้าที่น่าสนใจคือ เป็น DAC 24 Bits Resolution, Dynamic Range 123dB,

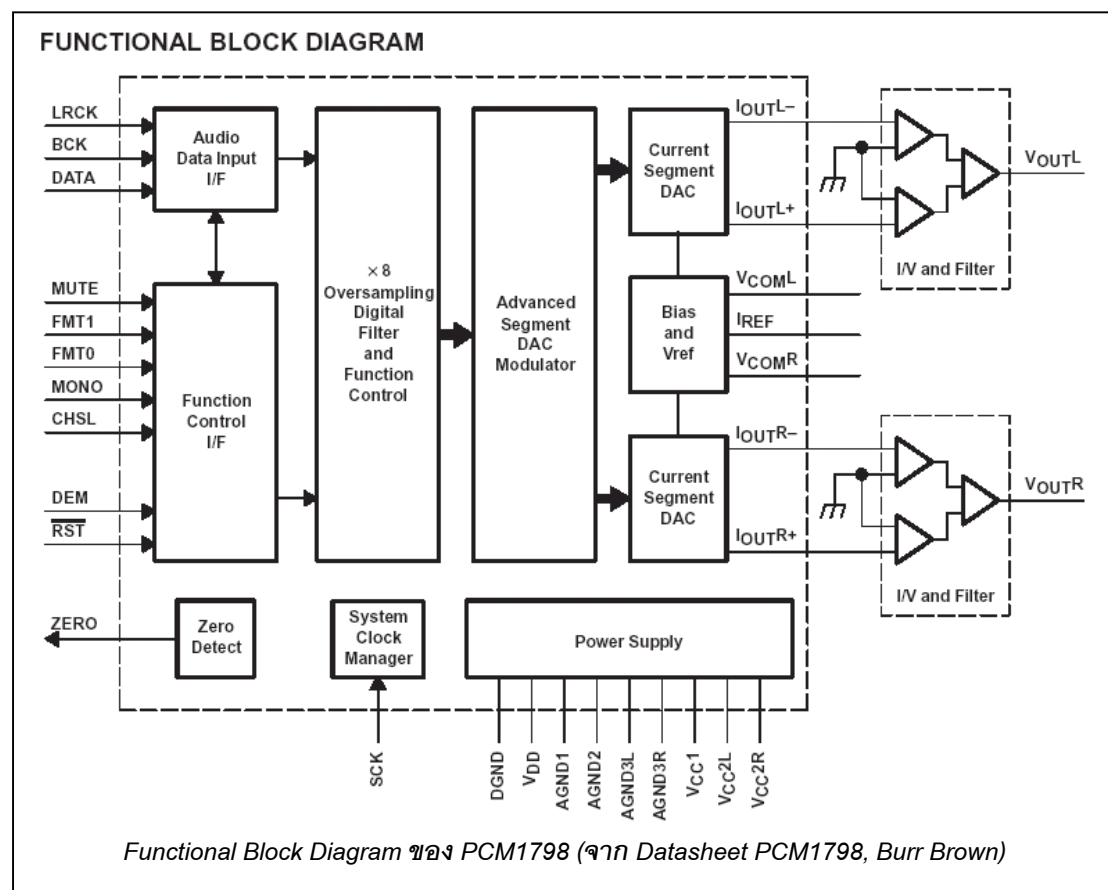


DAC Burr Brown เบอร์ PCM1798

THD+N 0.0005%, 8X Oversampling Digital Filter หากใครเป็นแฟน Chip Burr-Brown คงจะเห็นว่า DAC Chip เบอร์นี้ ถอดแบบมาจาก PCM1794 นั่นเอง โดยมีการปรับลดตัวเลข Spec เล็กน้อย เนื่องจาก DAC PCM1798 เป็น Stereo DAC ดังนั้นการต่อใน Mono Mode ก็จะได้ Spec กระแสสัญญาณขาออกที่ใกล้เคียงกับ PCM1794 1 Channel นั่นเอง สำหรับเวอร์ชัน Software Mode ก็คือ PCM1796 ซึ่งเป็น DAC Chip ที่ Accuphase เลือกใช้ในเครื่องเล่นซีดีรุ่น DP-500 โดยใช้ Chip จำนวน 4 ตัว ซึ่งทาง Accuphase ได้อ้างว่าการขนานจำนวน DAC Chip ที่เพิ่มขึ้น มีผลให้รูปสัญญาณขาออกใหญ่ขึ้น และนั่นเป็นผลให้อัตราส่วนระหว่างสัญญาณและความผิดพลาดของข้อมูลมีค่าที่ต่ำลง การที่อัตราส่วนสัญญาณต่อ Error ของ Chip แต่ละตัวมีค่าที่ไม่เปลี่ยนไปก็เพราะ สัญญาณจะต้องผ่านขั้นตอน Delta-Sigma Modulation สัญญาณหลังจากขั้นตอนนี้ จึงมีค่า

ความผิดพลาดของ Chip แต่ละตัวที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพูดถึง Oversampling DAC ในวงการดีไอวายบ้านเรา คุณจะยังไม่เป็นที่นิยมสักเท่าใดนัก นั่นอาจเป็นเพราะความเชื่อที่ว่า Non-OS DAC เท่านั้นจึงจะเล่นกับแอมป์หลอดได้ดีที่สุด มีความเป็น Analog สูงสุด ผมขอเสนอความคิดแย้งในประเด็นนี้ไว้ดังนี้ครับ

1. สมมติว่า คุณผู้อ่านในฐานะนักฟังเพลงและนักดีไอวาย ได้ไปซื้อแผ่นซีดีออกดีโพล์ที่เป็นเพลงบันทึกใหม่ หรืออาจจะรีมาสเตอร์ใหม่ในรอบ 3-4 ปีนี้ สิ่งหนึ่งที่คุณควรตระหนักก็คือว่า แผ่นซีดีใหม่นั้น ก็มักจะผ่านกระบวนการ Digital ที่ใช้ DAC Chip รุ่นใหม่เป็นหลักในอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ADC, DAC ส่วนใหญ่จะเป็น Delta-Sigma Chip (สำหรับ SACD, DVD-A, XRCd ต้องเป็น Chip ที่ออกแบบไว้สำหรับแต่ละมาตรฐานโดยเฉพาะ) ด้วยเหตุผลที่



ความสามารถของ Digital Audio Chip ได้ก้าวหน้าไปมาก อย่างตัวเลข Spec ที่ผมได้ยกมาให้ดูข้างต้น

2. ในกระบวนการบันทึกเสียง ตลอดจนกระบวนการผลิตเป็นแผ่นซีดีออกจำหน่ายนั้น มักจะมีขั้นตอน Noise Shaping หรือ Delta-Sigma Modulation อยู่ด้วยเสมอ
3. ADC → DAC รุ่นใหม่มักจะใช้ Sampling Rate ที่สูงกว่ามาตรฐานเก่าที่ 44.1KHz ด้วยความถี่ Sampling 48KHz, 96KHz, 192KHz หรือมากกว่า เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการ Quantization ในขั้นตอนการแปลงสัญญาณ สิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดก็คือ DAC Chip รุ่นใหม่จะให้พื้นเสียงที่สะอาด เวทีเสียงเปิดกว่า DAC Chip รุ่นเก่า

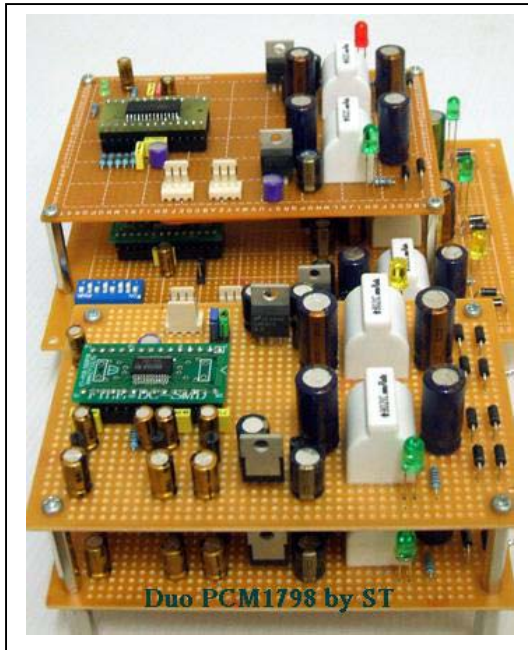
หากนักดีไอวายใช้ Non-OS DAC แปลงสัญญาณจากซีดีที่บันทึกด้วยเทคโนโลยีใหม่ คุณจะได้คาดหวังถึงคุณภาพเสียงของ Non-OS DAC ที่มีคุณภาพ Analog ได้เพียงใด จากข้อสังเกตซึ่งได้ยกมาเป็นตัวอย่างนี้ คุณอาจจะสงสัยว่า ในบางครั้งที่ได้เล่นแผ่นซีดีใหม่กับ Non-OS DAC เราจะรับรู้เพียงแต่ภาพรวมของเสียง กับย่านเบสที่ออกไปทางคลุ่มเครือ สิ่งที่น่าตกใจไปคือรายละเอียดไดนามิกของดนตรี การแยกแยะเสียงที่ไม่ชัดเจน จนหลายคนอาจถึงกับสรุปอย่างง่าย ๆ ว่าแผ่นซีดีที่บันทึกใหม่คุณภาพเสียงไม่ดี แต่ที่จริงแล้วเพราะ DAC Chip ที่เราใช้ใน Non-OS DAC มักจะเป็น Chip รุ่นเก่าที่ตัวเลข Spec อยู่ในมาตรฐานเดิมเท่านั้น มาตรฐานที่สูงสุดเมื่อประมาณ 10 กว่าปีที่แล้ว ได้กลายมาเป็นมาตรฐานของ DAC Chip แบบ Budget ในปัจจุบันเท่านั้น

ในการทดลองทำบอร์ด Duo PCM1798 ครั้งนี้ ผมได้ทำในแบบฮาร์ดไวร์ เพื่อเป็นไอดีสำหรับคนที่ไม่อยากทำ PCB (Printed Circuit Board) ข้อดีของการฮาร์ดไวร์ ก็คงเป็นความ



สะดวกรวดเร็วในการทำบอร์ดนั่นเอง อีกทั้งยังจัดวาง Lay Out ได้จริง โดยทดลองวางอุปกรณ์ลงไป แล้วแก้ไขปรับปรุงจนเหมาะสมก่อน จึงค่อยบัดกรีอุปกรณ์ อีกทั้งยังสามารถบัดกรีถอดเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ชิ้นส่วน หรือจะเปลี่ยนตำแหน่งวางอุปกรณ์ชิ้นส่วนใหม่ก็ได้ครับ จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะทำเป็น Prototype Board อย่างไรก็ดีตาม จากประสบการณ์ที่ผมได้ทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง Board ฮาร์ดไวร์กับ PCB หลายครั้ง พบว่าไม่มีความแตกต่างมากนักในเรื่องคุณภาพเสียง นั่นอาจเป็นเพราะว่าเราไม่ได้ทำ DAC ที่เป็น High Speed DAC สำหรับ Instrument ที่เน้นเรื่องความถูกต้องแม่นยำเป็นพิเศษ สิ่งที่เกิดขึ้นกับ Audio DAC มีความคลาดเคลื่อนมากมาย เป็นต้นว่าเมื่อมันถูกต่อกับบัฟเฟอร์ที่เป็นวงจรหลอดแล้ว ค่า THD+N ภาคเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้น แม้กระทั่งการใช้ภาคขับพลาคุณภาพต่ำ และการทำการาวนที่ไม่ดีพอ ก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ DAC บอร์ดนั้นไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดไวร์หรือ PCB มีคุณภาพเสียงที่ต่ำกว่ามาตรฐานได้ไม่ต่างกันเลย

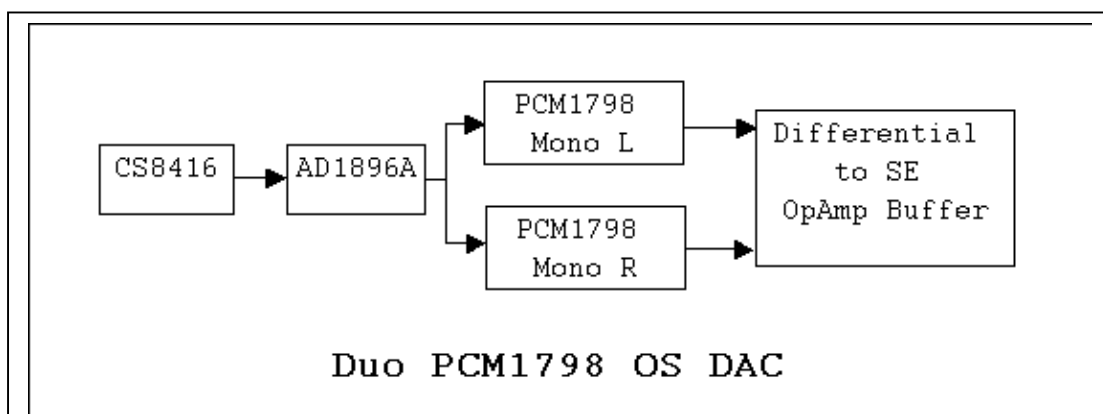
สิ่งหนึ่งที่ผู้สนใจดีไอวาย Digital ควรทำความเข้าใจคือ กระบวนการ Digital นั้น เป็นการ Reconstruction ข้อมูลทั้งหมดขึ้นมาใหม่ ถ้าเราจะดูจากกระบวนการแปลงข้อมูลจาก ADC → DAC จะเห็นได้ว่าการ Oversampling ทั้งขาไป (A/D) และขากลับ (D/A) ที่เป็นข้อมูลซึ่งถูกสร้างขึ้นใหม่ โดยเทียบเคียงกับสัญญาณ Analog เท่านั้น



เอง ในประเด็นต่อมาคือ ในกระบวนการบันทึกเสียงตั้งแต่ต้น จนมาสู่การแปลงสัญญาณจาก Digital เป็น Analog ในขั้นสุดท้ายนั้น ในทุกขั้นตอนและทุกการเชื่อมต้อมี Jitter เกิดขึ้นทั้งกระบวนการ เราอาจเห็นตัวอย่างของ Jitter ได้อย่างง่ายๆ เช่น การเปลี่ยน Oscillator ในวงจร Synchronous หรือ Asynchronous Reclocker จากยี่ห้อ A เป็น B เสียงที่เราได้ยินจะต่างกันไปตามแต่ละยี่ห้อ นั้นเป็นเพราะ Oscillator แต่ละยี่ห้อ ให้ Jitter ที่แตกต่างกันออกมานั่นเอง แม้กระทั่งใน DAC Chip แต่ละแบรนด์แต่ละรุ่น ล้วนมี Intrinsic Jitter, Sampling Jitter, Clock Jitter ด้วยกันทั้งสิ้น ประเด็นต่างๆ ที่ผมได้กล่าวมา เพียงเพื่อให้คุณได้เข้าใจถึงสภาพที่ไม่อาจสมบูรณ์แบบได้ ของสิ่ง

เราดีใจว่ากันอยู่ เราอาจดีใจว่าด้วยความคาดหวังที่ประนีประนอม เพื่อให้ได้เสียงที่ลงตัวมากกว่าเสียงที่สุดยอด โดยที่เรายังไม่รู้ขอบเขตว่าความยอดเยี่ยมดีที่สุดของ Digital อยู่ที่ไหน

ภาค Receiver ที่ใช้ เป็น Chip รุ่นยอดนิยมอีกเบอร์หนึ่งของ Cirrus Logic เบอร์ CS8416 สิ่งที่เพิ่มขึ้นมาเห็นจะเป็น Input Multiplexer ซึ่ง User สามารถเลือก Input ได้จากช่องสัญญาณขาเข้าหลายช่อง และการเพิ่มฟังก์ชันที่ควบคุมด้วย Software Mode ซึ่งดูเหมือนว่าทาง CS เองก็จะเน้นใน Software Mode มากกว่า Hardware Mode ถัดจากบอร์ด Receiver มา ก็เป็นบอร์ด Asynchronous Sample Rate Converter ซึ่งเป็น Chip ของ Analog Devices AD1896A หากจะแปลความหมายก็จะได้นัยที่ของ Chip ตรงตัวว่า มันจะทำหน้าที่แปลง Sample Rate ขาเข้าอย่างใดก็ได้ ให้เป็นสัญญาณขาออกที่เข้ากับมาตรฐานสัญญาณขาเข้าของ DAC Chip เช่น Receiver รับสัญญาณด้วยความถี่ Sampling Rate 44.1KHz Configure Chip ไว้ให้ส่งสัญญาณขาออกเป็น Left-Justified 16 Bits เมื่อผ่าน AD1896A ก็สามารถใช้ส่งสัญญาณขาออก ให้ปล่อยมาด้วยความถี่ Sampling Rate 96KHz ในฟอร์แมต I2S 24 Bits ได้เป็นต้น จากตัวอย่างที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า นอกจากการเปลี่ยน Protocol แล้ว ตัว Chip สามารถปรับขนาด Word Length (16-18-20-24 Bits) ได้อีกด้วย



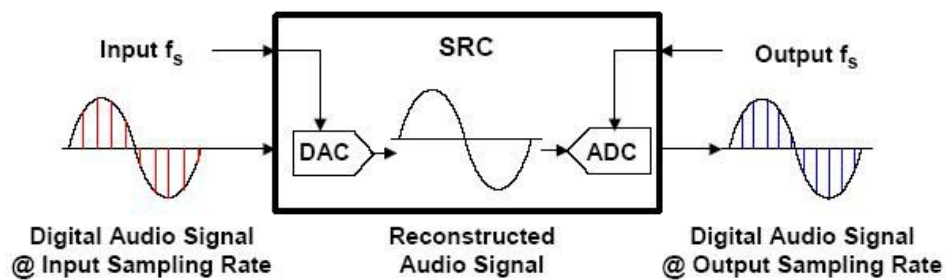


Figure 8.75: The Concept of a Sample Rate Converter

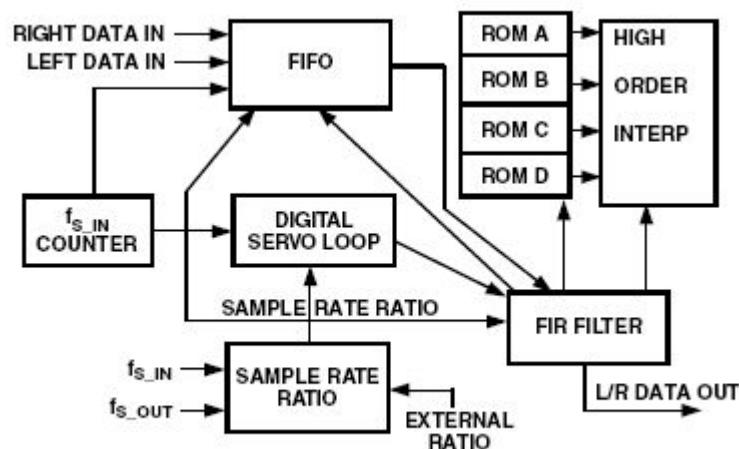


Figure 7. Architecture of the Sample Rate Converter

จากคุณสมบัติที่ได้กล่าวมานี้เอง ในครั้งแรกที่ผมจดหามา ก็เพื่อใช้กับโปรเจกต์ DAC PCM63P ซึ่งเป็น DAC 20 Bits โดยที่ Receiver ที่ใช้อยู่ในขณะนั้นคือ CS8414 ซึ่งไม่สามารถให้สัญญาณขาออก Serial 20 Bits ตามที่ PCM63P ต้องการได้ แต่ภายหลังจากที่ได้ทำ Glue Logic เชื่อมต่อสัญญาณได้แล้ว ก็เป็นอันว่า AD1896A หมดประโยชน์ไปไม่ได้ใช้ อย่างไรก็ตามเมื่อดูจากคอนเซ็ปต์ของ ASRC แล้ว จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนในการทำงานคือ สัญญาณจะถูกส่งไปยัง DAC ภายในตัว ASRC ก่อน เพื่อ Upsampling ที่ความถี่และรูปแบบสัญญาณซึ่งรับมาจาก Receiver จากนั้นในขั้นต่อมาจะมีการ Oversampling ด้วย Interpolation Filter (Zero Order) เพื่อสร้างข้อมูลชุดใหม่ขึ้นมาและลด Error ไปด้วย และในขั้นสุด

ท้ายจะมีการแปลงสัญญาณกลับไปเป็น Digital อีกครั้งด้วย ADC ที่มีการ Down Sampling ข้อมูลเพื่อให้ได้สัญญาณขาออกตามความถี่ที่กำหนดไว้ (คุณสามารถศึกษาคอนเซ็ปต์ ASRC โดยละเอียดได้จากด้าซีตของ AD1896A ที่ Website www.analog.com) โดย Chip AD1896A จะมี Resolution 24 Bits มีค่า THD+N ช่วง -117dB ถึง -133dB , Dynamic Range 142dB รองรับความถี่สัญญาณสูงสุดที่ 192KHz เมื่อพิจารณาจากข้อมูล Digital ตั้งแต่ขาเข้าจนถึงขาออกสัญญาณทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้นใหม่ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบได้นั่นเอง และ AD1896A จะมี System Clock ของตัวเอง เพื่อใช้เป็น Master ของความถี่ Sampling Rate ของขาออกอีกที ดังนั้นเราจึงสามารถกำหนดความถี่ขาออกได้ไม่ยาก

จากคอนเซปต์นี้ เราอาจอนุมานได้ว่า ASRC สามารถที่จะ Isolate DAC Chip ออกจากซอร์สเครื่องเล่นซีดีหรือเครื่องเล่นดีวีดีต้นทางได้ ซึ่งมักจะเป็นข้อถกเถียงอภิปรายกันโดยทั่วไปว่า ซอร์สต้นทางที่ต่างกัน ทำให้คุณภาพเสียงที่เล่นผ่าน DAC ตัวเดียวกันมีคุณภาพเสียงไม่เหมือนกัน นั่นเพราะซอร์สต้นทางมักจะมี Jitter ที่มากับสัญญาณ Clock ที่อยู่บนบอร์ดของเครื่องเล่นซีดี / ดีวีดีที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกไปนั่นเอง วิธีการแก้ปัญหาที่นิยมทำกันโดยทั่วไปคือ การ Slave ซอร์สต้นทาง โดยให้ซิสเต็ม DAC ทำงานใน Master Mode แล้วจึงส่งสัญญาณ Clock กลับไปที่ซอร์สต้นทางอีกครั้งหนึ่ง วิธีนี้อาจทำได้ไม่ยาก กับเครื่องเล่นซีดีที่มีพื้นที่พอสำหรับการดัดแปลง แต่กับเครื่องเล่นดีวีดีก็คงไม่ใช่ง่ายนัก เมื่อขึ้นส่วนอุปกรณ์ทุกอย่างบนบอร์ดขนาดกะทัดรัดล้วนเป็นพาร์ทแบบ SMD เมื่อกลับมาดูความสามารถของ ASRC แล้ว ในทางทฤษฎีมันน่าจะทำได้ดีและง่ายกว่าการป้อนสัญญาณ Clock กลับไปที่ซอร์ส ในเรื่องผลความแตกต่างของเสียงระหว่างการใช้และไม่ใช้ ASRC ผมจะได้กล่าวถึงในตอนต่อไปครับ วัตถุประสงค์ที่แท้จริงของ ASRC ก็เพื่อการใช้งานในสตูดิโอเป็นหลัก ในกรณีที่มีซอร์สต้นทางมีหลากหลายฟอร์แมต มันจึงมีประโยชน์ที่จะใช้แปลง

สัญญาณก่อนเข้ามิกเซอร์นั่นเอง

มาถึงบอร์ด PCM1798 ผมได้แยกทำเป็น 2 บอร์ด โดยแต่ละบอร์ดต่อใช้งานใน Mono Mode ซึ่งก็เป็นการขนานสอง Channel ใน DAC Chip เข้าไว้ด้วยกันนั่นเอง เอาท์พุทของ PCM1798 เป็น Differential Iout ที่สัญญาณทำงานในฝั่งบวกและลบร่วมกัน ในส่วนภาคบัฟเฟอร์เป็นบอร์ดออปแอมป์ที่ยืมมาจากโปรเจกต์ DAC CS43122 ครับ ซึ่งมีภาคเอาท์พุทเป็น Differential เช่นกัน หากแต่เป็น Vout บัฟเฟอร์บอร์ดนี้ จริงๆ แล้วถูกออกแบบขึ้นเพื่อสามารถใช้งานได้ทั้ง Iout และ Vout ครับ อย่างไรก็ตาม เพื่อความสะดวกในการทดลองผมได้ทำ I/V Converter เป็น Passive ด้วย ส่วนออปแอมป์ที่ใช้ทำงานมี 2 ชุด ทดลองถอดเปลี่ยนใช้งานสลับกัน Burr-Brown: OPA2227 → OPA627AP, Analog Devices: AD827 → AD797

หากจะพูดถึงเรื่องแนวทางเสียง ที่ได้จาก DAC ชุดนี้ ผมคิดว่ามันไม่ใช่เรื่องง่ายนัก ที่ผมจะอธิบายถึงเสียงที่ผมได้ยินจากชุดเครื่องเสียงของผม กับความรู้ของคุณผู้อ่าน สิ่งหนึ่งที่ผมพอจะบอกได้อย่างมั่นใจก็คือ DAC Chip ที่แต่ละบริษัทผลิตออกมาไม่ว่าจะเป็น Analog Devices, Burr-Brown, Cirrus Logic, Philips หรือ แปรนดอื่น ๆ ที่มิได้กล่าวถึง ต่างมีแนวทางเสียงของตัวเอง แต่ละ



บริษัทมี Signature Sound ในแบบฉบับของตน ยกตัวอย่างเช่น Burr-Brown ที่ผมได้เคยมีประสบการณ์ทดลอง DAC 3 รุ่น ได้แก่ PCM61P, PCM63P ต่อมาจึงเป็น PCM1728 (Equivalent to PCM1716 แต่ไม่มี Software Mode) และ PCM1798 ในครั้งนี้ ผมพบว่ามีความเปลี่ยนแปลงในแนวทางเสียงโดยรวมไม่มากนัก เสียงที่คงความเป็นเอกลักษณ์สไตล์ Burr-Brown ก็ยังเป็นเช่นเดิม สิ่งที่เปลี่ยนไปก็คือ สิ่งและเทคโนโลยีได้ให้เพิ่มเข้ามาในความเห็นส่วนตัวของผม คุณภาพเสียงในความหมายของ High Fidelity ได้ถูกปรับปรุงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งจะขอยกตัวอย่างในประเด็นที่สำคัญเช่น Resolution ที่ให้รายละเอียดเสียงที่ดีขึ้น, ไดนามิคเรนจ์ที่กว้างกว่าเดิมมาก นั้นหมายถึงเบสที่แจ่มชัดขึ้น ไปจนถึงย่านเสียงแหลมที่ละเอียดทอดออกไปไกลกว่าเดิม, ค่า THD+N ที่ต่ำลงกว่าเดิมมาก เป็นต้น ส่วนในมุมมองของ Musicality ที่ DAC แต่ละรุ่นจะถ่ายทอดความเป็นดนตรีออกมานั้น ก็อาจจะเป็นเรื่องรสนิยมส่วนตัวของแต่ละคน และนั่นก็อาจรวมไปถึง ความเหมาะสมของประเภทดนตรีที่ DAC Chip แบบ R-2R, Delta-Sigma ทำได้ดีไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตาม ดังที่ผมได้กล่าวไว้ในตอนท้ายของภาคที่แล้วว่า ไม่ว่าเราจะเลือกใช้ DAC Chip เบอร์ใดก็ตาม และทำงานแบบใดก็ตาม สิ่งที่สำคัญกว่าก็คือ Implementation โดยรวมนั่นเอง หากนักดีโวยาวเลือก DAC Chip รุ่นที่ดีที่สุดราคาแพงที่สุด โดยคาดหวังว่ามันควรจะใช้ได้ดีกับ I/V Converter and Buffer อะไรก็ได้ มันก็อาจไม่จริงไปเสียทั้งหมด ถึงแม้มันจะเป็น DAC Chip ที่มี Spec ดีที่สุด แต่มันก็ต้องการ I/V Converter and Buffer ที่ช่วยให้เข้ากับลักษณะแนวทางเสียงของมัน เมื่อพูดถึง DAC ที่ดีที่สุดในประสบการณ์ทำ DAC ของผม ผมเองไม่มีข้อสรุปแต่อย่างใด เพราะผมไม่เคยได้ทดลอง DAC Chip ทุกเบอร์ในท้องตลาด แม้กระทั่งกับ DAC เบอร์หลายเบอร์ที่ผมใช้สลับกัน

ไปมา ก็ยากที่จะบอกว่าอันไหนดีที่สุด ลักษณะการฟังดนตรีของคนเรามากจะมีเรื่อง Threshold อยู่ด้วยเสมอ ขอยกตัวอย่างจากพฤติกรรมของผมเองละกัน สมมติว่าในช่วงหนึ่งเดือนที่ผ่านมา ผมใช้ DAC Non-OS DAC AD1865 ร่วมกับ Tube I/V



Converter and Buffer SRPP PCC84/89 โดยผมเลือกที่จะใช้มันกับซิสเต็มแอมป์ Push Pull 807 (Triode Connection) ขับออกลำโพงสองทาง เพราะผมคิดว่ามันเข้ากันได้ดี ในระยะเวลาหนึ่งเดือนที่ผมได้ใช้งานซิสเต็มนี้อยู่ ผมรู้สึกว่ามันแทบจะไม่มีที่ติแต่อย่างใด แต่เมื่อได้ฟังนานวันเข้า ก็เกิดความเคยชิน กับลักษณะเสียงที่ได้ยินได้ฟังอยู่ทุกเมื่อเชื่อวัน จนไม่สามารถจะบอกได้ว่ามันดีหรือไม่ดีอย่างไร การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบบางอย่างในซิสเต็ม ก็อาจช่วยให้เรารับรู้ได้ถึงความแตกต่างเช่น ผมอาจเปลี่ยนไปใช้ DAC OS CS43122 เป็นต้น ซึ่งมันก็ช่วยทำให้การฟังเพลงมีชีวิตชีวาขึ้นมา เพราะความแตกต่างไปจากเดิมนั่นเอง จากที่ผมได้กล่าวมา ผมได้ชี้ลงไปประเด็นคุณภาพของเสียงในระนาบ Horizontal นั่นคือ ความแตกต่างระหว่างแบนด์ของ DAC, การทำบัพเฟอร์ที่เข้ากันได้ อย่างเหมาะสมกับ DAC และตลอดจนการจัดชุดเครื่องเสียงให้เข้ากัน แล้วความแตกต่างในระดับ Vertical ที่บ่งบอกถึงคุณภาพขั้นต่ำ, ขั้นกลาง, ไปจนถึงขั้นสูงสุดไม่มีหรือ?? มันอาจเป็นจริงได้ถ้าคุณเลือก DAC Chip เบอร์ใดเบอร์หนึ่ง แล้วพัฒนามันขึ้นไปเป็นลำดับ ไม่ว่าจะเป็นภาค Receiver ภาค



บัฟเฟอร์, ภาคขับพลาและการทำงานรบกวน แต่หากเราจะเปรียบเทียบ DAC Chip ระหว่าง ยี่ห้อ A, B, C มันก็คงเข้าทำนอง ส้ม, กล้วย, องุ่น อย่างใดดีกว่ากัน ในความเป็นจริงแล้ว การเปรียบเทียบเรื่องแนวทางเสียงระหว่างแบรนด์เป็นไปได้อย่าง เรื่องสำคัญจึงมีอยู่เพียงว่า คุณชอบ ส้ม, กล้วย หรือ องุ่นมากกว่ากันเท่านั้นเอง ยิ่งเมื่อดูจากบอร์ดฮาร์ดแวร์ที่ผมได้ยกมาเป็นตัวอย่างในบทความนี้ มีการใช้ Chip ทั้ง CS, AD และ BB มันจึงอาจเป็นลักษณะเสียงที่รวมๆ กัน เฉลี่ยลักษณะกัน ก่อนที่จะจบในเรื่องคุณภาพเสียงของ DAC ผมขอย้อนกลับไปพูดถึงความแตกต่างระหว่างการใช้ ASRC กับการไม่ใช้ ASRC จริงๆ แล้วผมได้ Configure สัญญาณขาเข้าของ PCM1798 เป็น I2S 24 Bits ซึ่ง Receiver CS8416 ก็สามารถให้สัญญาณขาออกได้อยู่แล้ว แต่การใช้ ASRC AD1896A นั้น มีอีกประเด็นที่น่าสนใจคือ ทาง Analog Devices ยืนยันว่ามันสามารถที่จะ Cancel Jitter ได้ อีกทั้งตัว ASRC มีค่า THD+N ที่ต่ำมาก ผลเปรียบเทียบที่ได้จากการทดลองใช้และไม่ใช้ ASRC อาจกล่าวได้โดยย่อว่า มันปรับปรุงคุณภาพเสียงในความเป็น High-Fidelity เป็นหลัก เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้ต่อ ASRC เสียงจะมีอิมเมจชัดเจนกว่าเดิม, การแยกแยะเสียงในซาวนด์แตกแยกแยะดีขึ้น, เสียงในย่านเบสชัดเจนมาก ไม่มีอาการครุ่นเครือ เพราะพื้นเสียงโดยรวมสะอาดมาก เสียงต่างๆ นิ่งมารวกับตรึงอยู่กับที่อย่างเด็ดขาด แม้แต่สัญญาณรบกวนที่พอมีให้ได้ยินบ้าง เมื่อเร่งโวลุ่มที่ปริแอมป์ในระดับ

เสียงดังลั่นห้อง ก็แทบจะไม่ได้ยินเลย แต่ก็มีข้อเสียอยู่ตรงที่ ความมีน้ำมึนวลของเนื้อเสียงลดลงไปอย่างมาก แต่ไม่ถึงกับว่าเป็นลักษณะแห้งแล้งแข็งกระด้าง เพราะโดยลักษณะเสียงของ AD มักจะให้น้ำเสียงวอร์มอบอุ่นเป็นพื้นอยู่แล้ว การต่อสัญญาณเอาท์พุทจาก Receiver ไปยัง DAC Chip โดยตรง ซึ่งใช้สัญญาณ Clock จากซอร์สต้นทางคือเครื่องเล่นดีวีดี มันจึงมีผลให้เสียงเหมือนกับว่า Foggy เล็กน้อย คล้ายกับมีบรรยากาศที่มึนๆ คลุมๆ อยู่แต่เมื่อต่อผ่าน ASRC อาการเสียงที่คลุมๆ นั้นก็ไม่มี ดูเหมือนว่า ASRC สามารถทำงานได้อย่างที่ทาง Analog Devices ได้กล่าวอ้างไว้ แต่หากถามว่า จำเป็นหรือไม่ที่ DAC บอร์ดทุกตัวควรมี ASRC สำหรับผู้ที่สนใจกับการทดลอง DAC Chip เบอร์ต่างๆ การใช้ ASRC จะช่วยให้การทดลองเป็นเรื่องง่ายมากทีเดียว กับการ Matching Format สัญญาณที่ต่างกัน

การทดลองที่ได้กล่าวมานี้ ผมได้แนะนำคุณผู้อ่านให้รู้จักและคุ้นเคยกับ OS DAC มากขึ้น และด้วยวิธีการที่มากกว่าเดิมกับการใช้ ASRC คุณภาพเสียงแบบนี้ ยืนอยู่คนละฝั่งกับ Non-OS DAC อย่างแน่นอน OS DAC ซึ่งแม้สัญญาณจะถูกแปลงเป็น Analog เพื่อส่งต่อไปยังภาคขยายอื่นต่อไปนั้น มันเป็นสัญญาณ Analog ที่แทบดับไปด้วยเงาของความเป็น Digital อย่างเต็มรูปแบบ และเราคงปฏิเสธไม่ได้ว่า เราได้ประโยชน์เพิ่มขึ้นมากมายจากเทคโนโลยี Digital ที่พัฒนาขึ้นในหลายปีที่ผ่านมา ผมคงต้องยอมรับว่า ผมไม่เคยฟังเพลงคลาสสิกคัลของ Deutsche Grammaphon ได้อย่างถูกต้องเลย เมื่อเล่นผ่าน Non-OS DAC แม้กระทั่งซีดีเพลงเก่าของ Enigma "MCMXC_A.D." ที่บันทึกตั้งแต่ปี 1991 ก็เล่นได้ไม่ติดนักกับ Non-OS DAC จนเมื่อได้ทดลอง OS DAC นั่นเอง ผมจึงได้รู้ว่ามีอะไรสำคัญหลายอย่างที่ OS DAC ได้เพิ่มเติมให้มันสมบูรณ์แบบขึ้น ไม่ว่าจะป็นรายละเอียดที่ดีขึ้น

เบลที่สะอาดลงได้ลึกและจับไว เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีบางประเด็นที่น่าสนใจเพื่อการทดลอง DAC Chip รุ่นใหม่อยู่ เช่น DAC Chip บางตัวสามารถที่จะ Disable Digital Filter ได้ นี่อาจเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการดีไอวายต่อไป หากจะสรุปถึงความต่างระหว่าง Non-OS DAC กับ OS DAC แล้ว ผมขออุปมาอุปมัยเสียงที่เราได้ยินจาก DAC ทั้งสองแบบเสมือนภาพที่บรรจงวาดโดยศิลปิน กล่าวคือ Non-OS DAC คงเปรียบได้กับสำนักความคิด Expressionism ที่ไม่ได้เน้นภาพที่เหมือนจริงสมจริง แต่สามารถที่จะถ่ายทอดความรู้สึกของอารมณ์ดนตรีออกมาได้ โดยไม่ต้องยี่หระกับรายละเอียดหรือมิติของความเป็นจริงสักเท่าใดนัก แสงสีที่ถูกถ่ายทอดออกมาบนผืนภาพ อาจไม่สมจริง แต่ก็สื่อสารได้ถึงความงามอย่างมีสุนทรียภาพ ลายเส้นแปรงพู่กันที่ลากสะบัดไป ทิ้งร่องรอยแถบสีที่หยาบกำร้นบ้าง ผสมผสานกับลายเส้นที่เนียนบางก็มี แต่มันหาได้ลดทอนความมีชีวิตชีวาของบทเพลงไปได้เลย ในขณะที่ OS DAC นั้น ถ่ายทอดภาพออกมา รวกับภาพวาดในสำนักความคิด Realism หรืออาจกล่าวได้ว่ามันเป็นเสมือนภาพถ่ายเสียด้วยซ้ำไป หน้าที่ของมันไม่มีอะไรมากไปกว่า ความพยายามในการแปลงสัญญาณให้ได้ใกล้เคียงกับสัญญาณที่ถูกบันทึกในขั้นตอน ADC ให้ได้มากที่สุด เทคนิค Non-OS DAC นั้นไม่ใช่ของใหม่ แต่มีการใช้งานมาตั้งแต่เริ่มมีเครื่องเล่นซีดี และมักจะถูกมองว่าเป็นกลุ่มพวกโลว์เอนด์ เนื่องจากไม่มีฟิลเตอร์นั่นเอง และค่อยๆ หมดความนิยมไป จนกระทั่ง Audio Note ได้นำมาปรับรุ่นใหม่ โดยเรียกว่า 1X Oversampling DAC ในส่วนฟิลเตอร์ของ OS DAC 2X 4X 8X อย่างไรก็ดีดีกว่ากัน ดูได้ง่ายๆ ครับว่า ที่ 8X 48KHz, 4X 96KHz และ 2X 192KHz การเลือกอัตราฟิลเตอร์นี้เป็นเรื่องของ Trade Off เมื่อเราเลือก 8X เราจะได้การฟิลเตอร์สัญญาณที่ละเอียด แต่จะมี

สัญญาณรบกวน (SQNR) ระดับสูงกว่าการแซมปลิ่งที่ความถี่สูง แต่เมื่อเราเลือกความถี่สัญญาณที่สูงขึ้น เช่นที่ 4X แม้ว่าสัญญาณรบกวน (SQNR) จะต่ำลง แต่ค่า THD+N ก็จะมีมากขึ้น ซึ่งนักดีไอวายสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากดาต้าชีตของ DAC Chip แต่ละเบอร์ ส่วนเสียในทางปฏิบัติก็มีความแตกต่างกันจริง ที่ 8X 48KHz จะได้เสียงที่มีน้ำหนัก เสียงโดยรวมประนีประนอม ส่วนถ้าเป็น 4X 96KHz เสียงโดยรวมจะสะอาดกว่ามาก อย่างที่เรียกว่า More Transparency สามารถรับรู้ได้ถึงรายละเอียดในเนื้อเสียงได้มากขึ้น อาจอนุมานได้ว่ามันสามารถที่จะบ่งบอกคุณภาพของการบันทึกเสียงลงบนแผ่นซีดีได้จะแจ้งกว่า

จากประสบการณ์ทดลองดีไอวาย Digital กับ DAC Chip หลายๆ เบอร์ในรอบปีที่ผ่านมา ผมพบว่ามันเป็นเรื่องสนุก กับการค้นหา Solution ของ DAC เบอร์ต่างๆ และมันก็ไม่ได้ยากอย่างที่คิด หากคุณสามารถที่จะอ่านดาต้าชีตเข้าใจได้ และมีทักษะในการดีไอวายอิเล็กทรอนิกส์มาแล้ว สิ่งจำเป็นพื้นฐานที่สำคัญอีกประการ ของการดีไอวาย Digital คงเป็นความละเอียด, ประณีต, พิถีพิถัน และความใจเย็น ที่จะดีไอวายอย่างค่อยเป็นค่อยไปที่ละขั้นตอน โลกของการดีไอวาย Digital นั้น ยังอีกกว้างไกลนัก เพราะเทคโนโลยี Digital ยังจะถูกพัฒนาต่อไป ยังมีสิ่งใหม่ๆ รอนักดีไอวายอยู่เสมอ นี่จึงเป็นความท้าทายมิใช่หรือ?

ST.

ขอบคุณพี่วิชัย ที่ช่วยเหลือเป็นธุระเรื่องตัวอย่าง PCM1798 และอีกหลายๆ โปรเจกต์ครับ
ขอบคุณพี่วัฒน์ ที่ให้หยิบยืม DAC Chip หลายๆ เบอร์เพื่อการทดลอง
ขอบคุณคุณ Kris ที่เป็นธุระซื้อหา CS43122
ขอบคุณคุณยัง สำหรับความมั่นใจที่ซื้อ DAC Chip AD1852, AD1853 มาฝาก
And many thanks to Texas Instrument for the company's generosity which gave me many free samples of Burr-Brown product.

THORNY AMP

801A CLASS A2 EXPERIENCE

ผู้เขียน : พานพพล โสภา



Thorny Amp SE 801A Amp in Class A2

สวัสดีครับ ได้เจ้าแอมป์ตัวนี้แรกเริ่มที่ผมอยากจะทำมันขึ้นมาก็ มาจากการที่ผมย้ายมาอยู่บ้านใหม่เลยจำต้องไปขนของจากบ้านแม่ ไม่งั้นโดนโยนทิ้ง ทำให้เจอ CD เพลง Heavy Rock เก๋ๆ ที่ฟังตั้งแต่สมัยเรียนหนังสือที่ มช. โน่นเนาะ พอเอามาฟังกับชุดปัจจุบันที่ใช้อยู่ (SE 2A3) มันไปกันไม่ได้เลยครับ ก็เลยว่าจะทำแอมป์มาเล่นเพลง Rock โดยเฉพาะ ตอนแรกก็ว่าจะทำ PP แต่ผมไม่เคยทำ PP แล้วดีเลย ไม่รู้เป็นไง อาจเป็นเพราะผมชอบ Distortion 2nd Harmonic ที่แอมป์ PP พยายามจะ Cancel ทิ้งไปได้ เลยทำให้รู้ไปซะเยอะ ประกอบกับกำลังห่อหุ้มฟังใหม่ ก็เลยชวนเพื่อนๆ พี่ๆ มากินเหล้า โดยบอกคุณภรรยาว่ามา SOD กัน ซึ่งคุณ

ภรรยาก็ยอมแต่โดยดี (ใครจะเอาไปใช้บ้าง ไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ครับ ^-^) มียกมาลองกันหลายคนครับ แต่มีเครื่อง VT-51 (841) SE Class A2 เครื่องนึง (ของใครก็น่าจะรู้นะ) ที่ผมสะดุดหูในพละกำลังของมัน พอฟังตอนแรก มันเป็นแอมป์ที่ให้เสียงมีพละกำลังได้ดีมากกว่า Class A ปกติที่ทำพังกัน มันน่าจะตอบสนองของความอยากของผมได้ จากที่ลองๆ เพลงชุดสุดท้ายของก๊วน The Greatest Basso จนจะร้องเพลงจีนเป็นกันหมดแล้ว เลยขอลองเป็น Heavy Rock ต่างๆ ดูบ้าง White Lion (สุดโปรด), Guns N' Roses, Pink Floyd, etc. CD พวกนี้พอมาลองกับแอมป์ Class A2 มันไปกันได้ครับ ในขณะที่มันไม่ยอมเลยกับ 2A3 ก็เลยตกลง

ปลงใจจากตอนแรกจะไปทาง PP ก็ขอลอง A2 ก่อนละกัน

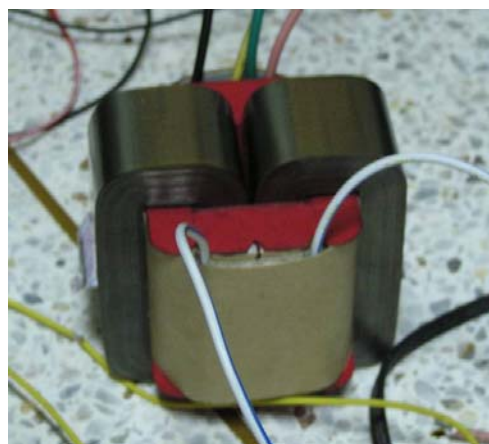


CRC 801A

พอตกลงใจ เอาแหละ! จะทำแล้ว ทำไงดี ละ ไม่มีหลอดเบอร์นี้ อ่า...!! เหลือขายแลขวารื้อ ลังหลอดดูชักหน่อย เจอเอาหลอด 801A อยู่คู่นี้ นี่นา ถึงจะคนละยี่ห้อ ไม่เหมือนกันก็ช่างเหอะ ปกติก็ไม่สนว่าเหมือนไม่เหมือนอยู่แล้ว ดู Data แล้วทำ Class A2 ได้ แกมไม่พอ ลอง Search Google ดูก็พบว่า Nobu Shishido เอง ก็ทำเป็น Class A2 เหมือนกัน จากตอนแรกเลยเอาจุดไบอัสเค้านี้แหละ 220V 80mA ไม่น่าจะยากนะครับ มีวงจรต้นแบบแล้ว ก่อนจะไปเรื่องวงจรกัน ผมอยากจะเล่าให้ฟังหลายๆ ปัญหาของมันครับ ที่ผมเอามาตั้งชื่อซะครับ แทบจะบ้าตายแอมป์เครื่องนี้ เรื่องแรกก็คือ ตอนแรกที่ทำเสร็จ แล้วผมเอาหลอดมาเสียบ จากเดิมหลอดผม Test ไว้แล้ว ลองมาหมดแล้วมันก็ดี มันก็ดังจากการหนีๆ พอตอนเอามาเสียบจะลอง

ครั้งแรก ผมก็เอ๊ะ.. ทำไมมันดังข้างเดียวว่า ไอ้เราก็คือเอาเมเตอร์มาวัดไฟดู ด้วยความที่หางยี่ห้อทำไงครับ มันก็ถูกทุกจุดนี่นา ง.. เด็ก !! อมควันไปรอบข้างมัน ฟุ้งนี่คือยั่วกัน พลิกเครื่องว่าจะเก็บละ อ่าว.. หลอดไม่ติดไปหลอดหนึ่ง เกิดไรขึ้นอีกละ สงสัยหลอดขาด อืมมมม.. วัดขาด Filament ขาดจริง สะเพร่าจริงๆ เรา ไม่ได้ให้ละเอียดๆ ไม่เป็นไร ไปหาเอาใน Ebay ละกัน เรื่องที่ 2 ก็ตามมา ได้มาหลอดหนึ่ง ก็รวนเค้าส่งมา รอ.. ร้อ รอ.. ไอ้เราก็คือจนเสียงไปซิ มันส์จริงๆ ครับ จนเสียงข้างเดียว โมโนคอยถอดหลอดเข้าๆ ออกๆ เสียบทีละข้างๆ (ฮา....) พอวันหลอดมาถึง ไอ้เจ้า Seller ก็นะ ดันส่ง 10Y มาให้ผมอีก ถ้าจริงๆ ไม่ต้องแบบเลย ถ้าไม่ติดว่าอยากได้ Class A2 นะ ไม่คืนให้เสียเวลาเสียค่า Air Parcel ไปเปลี่ยนอีกหรือก ไปๆ มาๆ เดือนนึงพอดีๆ กว่าจะได้ฟังมันครบ 2 ข้าง -_-“ แกมไม่พอเหมือนจะแก้งๆ พอได้หลอดใหม่มา ผมเลยลองจับเสียบเครื่อง Test ซะก่อน ไอ้หลอดเก่าที่ขาด ผมโมโหมันก็เลยเอามาเคาะเล่น แก้วๆๆๆ แล้วลองเสียบดูซิ อ่าว.. คราวนี้ ไฟติดครบท่าน เอาละมันดี... -_-# จากตอนแรกผมลองบัดกรีขาหลอดมันก็แล้ว ทำไงก็ไม่ยอมติด เฮ้อ..

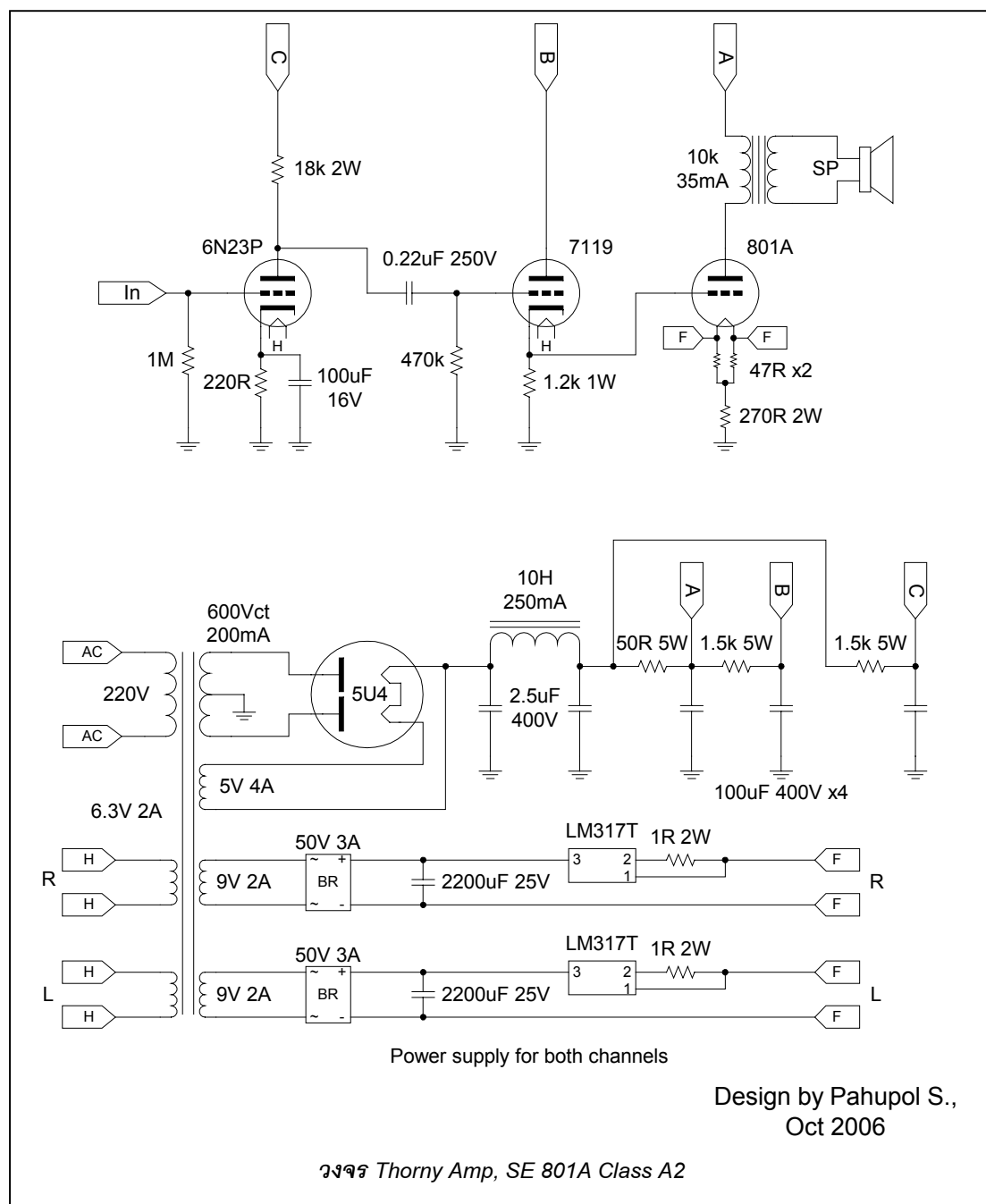
เรื่องต่อมา หลังจากได้หลอดมาเสร็จสมอารมณ์หมาย มาเริ่มความมันส์กันเรื่องต่อไปเลย ครับ เนื่องจากผม Group Buy Amorphous Core



Double Amorphous C-Core 10k SE OPT

มาทำ OPT ด้วย ผมก็ฝากออกแบบพร้อมส่งกันไป
ด้วยกันเลย กับบอกเค้าไปว่าอยากเอามาทำ 801A นี้
แหละ ที่นี่ตอนฝากทำตอนแรก ผมยังไม่ได้คิดที่จะ
ทำวงจรไหนไป น้องเค้าเองก็นึกว่าผมจะทำ 10Y
ปกติๆ เลยออกแบบมา 35mA แค่นี้ถ้าทำ Class A
ปกติเหมือนชาวบ้านเค้าก็สบายๆ ละครับ แต่ผม
เอามาทำ 801A Class A2 ซึ่งถ้าดูจากที่ผมเลี้ยงๆ
Shishido ไว้หายไปเกินครึ่งนึง เอาละครับ ทำไงดี
ละ เลิกทำงานหรือ ก็อดซิ ไม่ใช่ผมแน่ๆ ครับ เราก็หา
จุดที่จะทำมันให้ได้ ไม่เห็นอับปากว่าแรงหรือครับ ก็

อยากมี Class A2 ไว้ฟังของตัวเองนิ ลาก Load
line ใหม่ก็ได้ อืมม.. เอาตรงไหนดีหว่า แต่ก็ต้อง
ลากตรงเส้น 35mA นะครับ สำหรับของผม ส่วน
ของท่านๆทั้งหลายก็ตาม Spec ใคร Spec มันละ
ครับ อยากทำตาม Shishido ก็เอาเลยครับ 80mA
ส่วนของผม ห้ามเกิน! ไม่งั้น OPT จะ Saturate ก็
จะได้แถวๆ 200V 35mA ได้ Grid แถวๆ +3 ถึง +4
เอาก็เอา ทำไปได้ละ ภาวการณ์ มันบังคับอะครับ
ไม่งั้นก็ทำ Class A ปกติๆ ไป แต่จะได้วัดดีมาก
กว่าอีกนะ แถวๆ 550-600V ก็ราวๆ 5 Watt ได้ละ



มั้ง แต่ก็นะ... มันก็ไม่ได้ตามที่ต้องการอีก คือผมอยากได้ A2 ที่ Grid เป็น + ด้วย ลองๆ คำนวณๆ ดู ได้วัดดีกว่าๆ ไม่ถึง 2 Watt ดี แต่ก็เอา ไหนๆ ก็ ไหนๆ แล้ว อยากทำนี่ ก็ไปกันให้สุดๆ เลย ผู้ที่ล่าโพความไวต่ำกว่า 90 dB ไม่แนะนำครับ

ครั้นออกแบบไว้แล้ว ก็ดูเหมือนจะไม่ยาก แต่ยังไม่จบง่ายๆ ครับ ปัญหาทวนใจทั้งหลายแหล่ ตอนทำครั้งแรกเป็น Mono เนื่องจากมีหลอดเดียว คิดว่าเสียงใช้ได้แล้ว กับตอนได้หลอดมาฟังเป็น Stereo แล้วนี่ ฟังเสียงนี้ก็คนละเรื่องเลยนะครับ แก่กันใหม่อีก เจออีกแล้วครับ Driver Stage ผมเอามาจากวงจรของอาร์ตครับ 5687 หรือ 7119 Cathode Follower ผู้ที่สนใจ ลองเข้าไปดูของคุณ Steve Bench ก็ได้ครับ จะเห็นว่ามีหลายวิธีที่จะ Drive อย่างตอนแรกก็มีคนแนะนำผมให้ใช้ Interstage Transformer (IST) เอา ซึ่งก็ง่ายในการใช้ Fix Bias แต่จะเอา IST ก็เปลืองตังค์ครับ (ฟังยายบ้าน นั้นเพียบ!!!) เอาง่ายๆ ไปก่อนละกัน Cathode Follower ใช้ R เอาก่อน จะพัน Choke เลยก็ใช่ที่ ซึ่งในครั้งแรกนั้น ผมก็ออกแบบตามปกติละครับ คือออกแบบจากหลังมาหน้า จากเดิม Cathode 801A จิ้ม Ground เลย ตรงนี้ผมใช้ R ค่าเล็กๆ จะเอาค่าไหนก็ได้ครับ ไม่จำเป็นต้อง 47 Ohm เหมือนผม หรือจะใช้ Hum Pot ก็ได้ครับ ผมกะไฟที่ Cathode 5687 ชัก 3V Grid ต้องการกระแสไม่เกิน 5mA เหลือๆ นำ ที่ออกแบบ 5687 ไว้ตั้ง 10mA แต่ตอนฟังไม่เป็นเช่นนั้นครับ มันทึบๆ ตี๋ๆ ยังไม่รู้คุยกะน้องคนนึง แก่วน่าจะเป็นที่ Operating Point ของ 5687 ไม่ค่อยเหมาะ มัน Swing ไม่พอแน่ๆ ซึ่งผมก็ว่าจั้นแหละ มันต่ำไปจากที่ Data แนะนำไว้เหมือนกันนา เลยเพิ่มขึ้นมาอีกดีกว่า สุดท้ายเป็น 8V ที่ 15mA อ่าว.. ที่นี้ทำไงละ หลอด Power กะเอาแค่ 3 – 4V เอง แบบนี้ก็เกินอะจี้ ทำได้ก็ยกมันขึ้นมาซิ ไม่เห็นจะยากเลย ผมยก Cathode 801A ขึ้นมาอีก 4V พอหักลบกับ Grid แล้ว ก็เป็น

Bias 4V เหมือนเดิม...!! ทุกปัญหามีทางออกครับ แฮ่มมม.... สำหรับคนที่คิดว่าจะเอา 10Y มาเสียแทนได้ ไม่ได้นะครับ ณ จุด Bias นี้ ผมลองมาแล้วครับ Oscillate ทันที กลัวหลอดพังด้วยครับ แพงใช้ได้เลย แต่ถ้าเป็น 841 หรือ VT-51 ไม่มีปัญหาครับ ได้กำลังเพิ่มอีกครับ ส่วนภาคหน้า ตอนแรกผมทำก็ 5687 นี่แหละครับ จะได้หลอดเหมือนกัน กัน แต่มันเหมือน Gain จะไม่พอครับ ขนาดเอาไปฟังกับ Field Coil Speaker (บ้านใครก็น่าจะรู้อีกนะครับ) ซึ่งความไว 100 กว่า dB/W/m พอดู C Bypass Cathode ออก เสียงค่อยไปเลยครับ สาเหตุที่ถอดเพราะตอนแรกดูเหมือนเบสจะเยอะไป จากที่อยู่บ้านมันพอดีๆ พอกลับมาบ้านผมอีกทีและใส่ C กลับเข้าไป คราวนี้เบสมันไม่พอดีๆ อะ มันเยอะกว่าเดิม (ไสยศาสตร์มีจริง...!!!) เลยเปลี่ยนหลอดหน้าดู ในลังมี 6N23P อยู่เนี่ย ลองละกัน 9 ขาเหมือนกัน ย้ายสายไม่เยอะ คราวนี้พอดีดังตัวเลย ไม่เปลี่ยนละ จากตอนแรกว่าจะเอา EF86 มาขับ



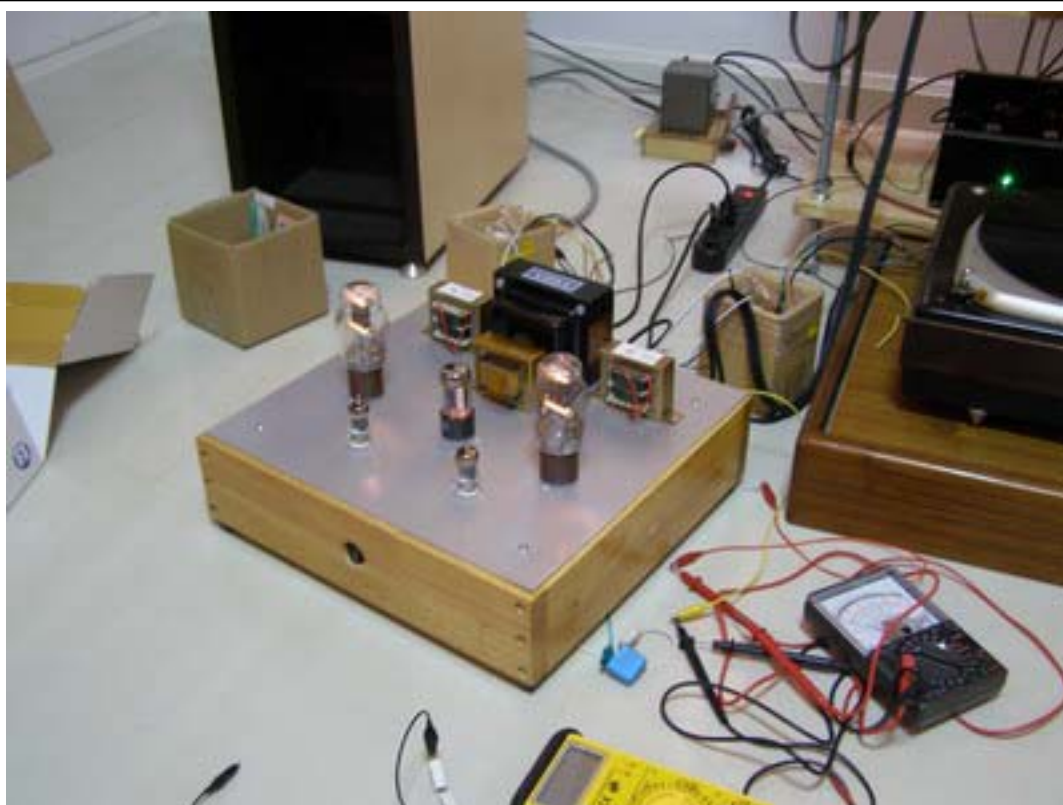
6N23P (Spec ใกล้เคียงกับ E88CC)

เลยคงไว้ที่ 6N23P นี่แหละ วงจรก็ง่ายๆ Anode Follower หรือ Plate Load ธรรมดาๆ นี่แหละครับ ตาม Datasheet เลยครับ Grid -2V กระแส 10mA ไฟ Plate 100V ตัววงจรนี้ทำงานได้ดี ถูกหุ้มนและผมฟังอยู่ทุกวันนี้ แต่ไม่รับประกันว่าในอนาคตจะไม่เปลี่ยน ก็ตามรูปประกอบละครับ

มาถึงภาค Power Supply ก็เป็น C-L-C-R-C Pi-Filter ธรรมดาๆ แต่ว่าดี ตอนแรกผมวางแผนทำ Regulate ให้ภาคปริ๊ ใสไปแล้วละ แต่ดันเจอปัญหาข้างต้นหลายๆ อย่างเข้าไป แถมกับการที่เปลี่ยนเข้าๆ ออกๆ ไม่รู้กี่ครั้งต่อกี่ครั้ง เลยไม่ได้เอาแผงวงจร Regulate ใส่อินมาหลังจากถอดออก (ปัจจุบันมันก็ยังไม่ได้ใส่อยู่ดี พุดง่าย ๆ ก็ซีก็เลยแล้วอะครับ) ถ้าใครจะใช้ 5AR4 เป็นหลอด Rectify ก็ถอดหรือไม่ถอด C Input ออกก็ได้ละครับ ถ้าไม่ถอดออก ไฟ B+ มันจะเกิน ทำให้จุด Operating Point เปลี่ยนไปหน่อยนึง แต่ก็ไม่ต้องห่วงนะครับ อาจจะมีคนชอบก็ได้ เสียงเปลี่ยนนิดหน่อย ดูขึ้นแต่เสียงเบสบางลง สำหรับหุ้มนและก็เครื่องผมนะ

ครับ เครื่องของคุณอาจไม่เป็นก็ได้ DIY แบบนี้ มีเครื่องเดียวในโลกอยู่แล้ว ของใครก็ของมันไม่ซ้ำกันเด็ดๆ ครับ กว่าจะได้ฟังมันเป็นเรื่องเป็นราว ผมเตรียมการ และใช้เวลาในการทำเครื่องนี้เป็นปีครับ (จริงๆ เวลาที่หมดไป 10 เดือน ผมเจาะรูแล้วกองไว้ชั้นแหละ ตัวซีก็เลยเข้าสิง) จุดเด่นคือ Dynamic ครับ พละกำลังดูจากวัตต์เหมือนจะน้อยครับ แต่ลองฟังดูเถอะครับ เสียงที่ได้สนุกมาก ฟัง Jazz Rock พวกมีจังหวะๆ เข้าทางเลย เผอิญผมไม่มีเพลงสามซ่า โจ๊ะๆ น่าจะมันส์ดีนะ เสียงร้องไม่ใช่จุดเด่นครับ แต่เสียงพวกเครื่องสายเป็นจุดเด่นของหลอดตระกูลนี้อยู่แล้วครับ เข้าทางผม Vito Bratta, Yngwie Malmsteen, กู๋เจิ้ง (Gu Zheng), ซอด้วง (Huchin), จรัล มโนเพ็ชร, ฯลฯ...

ใครมีหลอดประเภทนี้อยู่ ที่ทำ Class A2 ได้ เอามาลองทำได้เลยครับ ไม่จำเป็นต้องทำตามผมนะครับ ผมไม่เห็นด้วยเลยที่มีคนบอกว่า วงจรนั้น-วงจรนี้ หลอดเบอร์นั้น-หลอดเบอร์นี้ดีที่สุด ทำแล้วจะถูกหุ้มน 100% ไม่มีทางครับ ของอย่างนี้



Fine Tune... Fine Tune... Fine Tube...



Tune แล้วก็มาลองฟังดูซิ ว่า... ต้องปรับ Bias อีกหน่อย เอ้า.... หายท้อง

ต้องลองเอง หนูใครหุ้มนั้น ต่อยอดจากผมออกไปอีกเลยครับ ทำให้วัดสูงๆ ได้อีกครับ มีอีกหลายแนวทางครับ เพียงแต่ผมเล่าประสบการณ์ความไม่พอดีของอุปกรณ์ที่มี ทางออกในการแก้ไขปัญหา ไม่จำเป็นต้องมีวิธีเดียวครับ มีอีกหลายวิธี Amp เครื่องนี้เป็น Amp ที่ผมคิดว่า ผมอยากนำมาเล่าให้ฟัง ไม่ใช่เพราะว่ามันเสียงดีกว่าใครเพื่อน ไม่ใช่ว่ามันสร้างง่ายกว่า มันสุดยออดกว่า แต่มันให้ประสบการณ์กับผมเยอะแยะมาก ในการหาวิธีคิดใหม่ๆ ในการทำแอมป์ ในการแก้ปัญหา คือมันไม่จำเป็นจะต้องทำตามคนอื่นไปทุกอย่าง เคยเห็นบางคนทำตามเค้าทุกกระเบียดนิ้วครับ ไม่แม้แต่จะเปลี่ยนบางอย่างนิดๆ หน่อยๆ บางทีหาอุปกรณ์ไม่ได้ ก็เพียรพยายามหา ยอมซื้อหาคาแพงๆ บางทีบางอย่างมันปรับเปลี่ยนกันได้ เพียงแต่ต้องทำความเข้าใจกับวงจร ดูหน้าที่แต่ละภาคมันซะก่อนที่จะเริ่มทำ พอเรารู้หน้าที่มันแล้ว คราวนี้ก็ไม่ยากที่จะแก้ไขแล้วครับ แม้กระทั่งผมเองที่พอจะออกแบบวงจร

เองได้บ้าง ยังต้องเปลี่ยนไม่รู้กี่รอบต่อทีรอบ เพื่อที่จะให้มันเสียงถูกใจ การที่ออกแบบแล้วเขียนในกระดาษไม่เหมือนการทำแล้วเอามาฟังจริงๆ นะครับ เพราะฉะนั้นแล้ว ผมว่าลองเอาหลอดที่มีมาทำให้มันได้เสียงอย่างที่เรอยากได้ หรืออยากลองทำให้มันเสียงดีๆ ร้องเพลงเพราะๆ ให้เราฟังแล้วมันจะมีความสุขมากๆ ครับ

**** ความรู้สึกผม ลำโพง Full Range ฟัง Heavy ได้นะครับ ผมว่าอยู่ที่แอมป์มากกว่า ว่าจะได้หรือไม่ได้ แต่รู้สึกว่าดอกผมเล็กไป 6" เองครับ Fostex FE-166 (ตอนนี้เป็น ISOPHON 12" Open Baffle แล้วครับ ดีกว่าแบบรู้สึกได้ครับ) ****

ปล. ขอบคุณพี่พิษณุ ที่ให้หลอดผมมาเล่นฟรีๆ ขอบคุณอาร์ต สำหรับหลายๆ สิ่งหลายๆ อย่าง กิตและปั๊บ สำหรับหลากหลายไอเดีย ถ้ามีข้อเสนอติดต่อได้ที่ pridehuhu@yahoo.com หรือ pridehuhu@hotmail.com ครับผม

พาหุพล โสกา

FULL OPTION PRE-AMPLIFIER

Author: Nattawoot Aumkrue



Prologue:

สวัสดีครับ และแล้วก็เวียนมาบรรจบครบปี หลังจากห่างหายกันไปทำโครงการส่วนตัวของแต่ละคน ผมเองก็เพิ่งทำเสร็จก่อนส่งบทความมาดๆ เหมือนเคยครับ 😊 หลังจากปีที่แล้ว ผมได้ทำ Power Amp หลอด 316A ไปแล้ว เลยจำเป็นต้องหา Pre Amp มาจับคู่ให้ชะง่อนๆ จะได้ไม่เหงาเกินไปอีกทั้งตั้งใจจะเพิ่มเสียงกลางหวานๆ อุ่มๆ เข้าไปใน System เนื่องจากฟัง Power Amp เปลาๆ แล้วเสียงโดยรวมมันยังไม่เนียนเท่าที่ควรครับ

เพราะ Power Amp ของผมค่อนข้างจะให้แสงสว่างพอสมควรแล้ว ดังนั้นผมจึงไม่อยากจะเพิ่มความสว่างเข้าไปอีกครับ เนื่องจากพบแล้วว่าแสงสว่างนั้นมาพร้อมกับความร้อนเสมอ ห้องผม

ก็ยังไม่ติดแอร์ซะด้วย เดี๋ยวจะเพิ่มอุณหภูมิในห้องให้ร้อนเข้าไปอีก เลยต้องบอกลาหลอดกลุ่ม Transmitting Tube ที่ส่วนใหญ่เป็น Thoriated Tungsten Filament แล้วไปเล่นกลุ่ม Receiving Tube แทน

ส่วนใหญ่หลอดที่จะเอามาทำ Pre Amp เพื่อหวังผลทางด้านเสียงกลางที่หวานๆ นั้น ก็หนีไม่พ้นกลุ่ม Directly Heated Triode เช่นเบอร์ 26, 12, 30, 01A, Etc. ซึ่งก็หาจริงได้ทั่วไป ส่วนหลอดทางยุโรปนั้น ในบ้านเรายังมีคนเอามาทำเล่นไม่มากนัก วงจรก็หลากหลาย แต่หลอดยังมีให้เลือกอยู่เยอะ พวกญี่ปุ่นก็ชอบใช้กัน คิดแล้วก็น่าจะเอามาทำดู จะได้มีวงจรพร้อมคำอธิบายไว้เป็น Guide Line ให้อ่านกันครับ

หลังจากที่ได้ตระเวนลองฟังจากพลพรรคที่ใช้หลอดกลุ่มนี้ ก็พบว่าหลอดตระกูล RExxx ของ Telefunken นั้น ให้เสียงถูกหูผมมากที่สุด ก็เลยแสวงหามาลองใช้ จนมาได้หลอดเบอร์ RE084k ซึ่ง Spec ค่อนข้างลงตัวกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว อีกทั้งมันยังอยู่ใน Condenser Microphone Pre Amp ของ Neumann รุ่น CMV3 ยิ่งเพิ่มความมั่นใจในเรื่องของเสียงกลางและความเที่ยงตรงเข้าไปอีกครับ

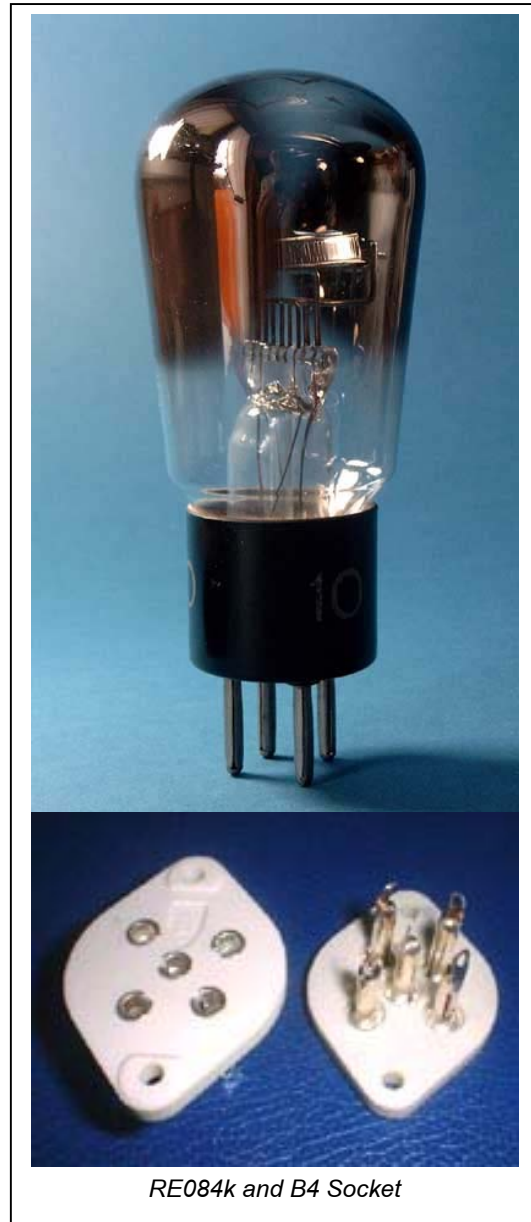


Neumann CMV3 Condenser Microphone

หลอด RE084k นั้นมีค่า $\mu = 15$ ซึ่งค่อนข้างเพียงพอกับความต้องการ ใช้ Socket แบบ European 4 Pin หรือที่เรียกกันว่า B4 หรือ Arrow Head นั้นเองครับ เนื่องจากหลอดถูกออกแบบมาให้ใช้กับ Battery ดังนั้นผมคิดว่าจุดไฟให้หลอดด้วยไฟตรง น่าจะเสี่ยงกับการเกิดเสียงที่ไม่พึงประสงค์น้อยกว่าครับ อีกทั้งยังมีตัวอย่างจากเพื่อนๆ ให้เห็นมากมาย คงเก็บความเสี่ยงไว้กับส่วนอื่นดีกว่าครับ 😊

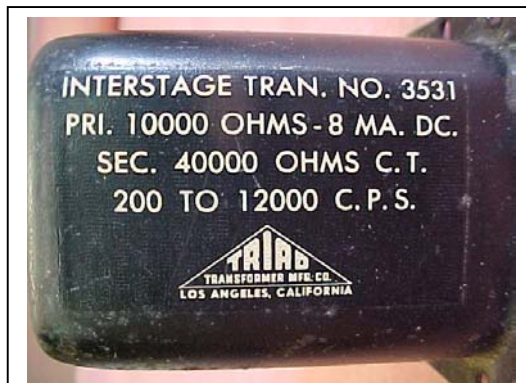
Components:

ไหนๆ ก็คงไม่ทำ Pre Amp หลายตัวแน่นอน ผมก็เลยใส่ทุกอย่างเท่าที่นึกออกและหาได้ลงไปใน Pre Amp ตัวนี้ทั้งหมด ตั้งแต่ Input Transformer, Output Transformer, T-Type Attenuator 600 Ohm, etc. อุปกรณ์ทุกชนิดเลือกที่คุณภาพดี แต่ไม่จำเป็นต้องราคาแพงเสมอไปครับ ถ้าหมั่นขยันหาหน่อยก็จะเจอครับ อย่าง Input Transformer ที่ผมเลือกใช้ของ Micro



RE084k and B4 Socket

Electronics ก็ได้มาในราคาไม่แพง เพราะหือหือไม่ดังมาก แต่ดู Frequency Response แล้วสามารถตอบสนองความถี่ครบตั้งแต่ 20Hz – 20kHz พอเอามาลองต่อฟังก็เสียงดีจริงๆ คุ่มราคามากครับ ส่วน Output Transformer นี้ก็เหมือนกันครับ ได้มาไม่แพงเช่นเคย เป็นของ UTC รุ่น H-22 ตอบสนองความถี่ตั้งแต่ 50Hz – 20kHz ซึ่งก็เพียงพอ กับความต้องการเหมือนกันครับ เพราะลองฟังแล้ว ช่วงที่ต่ำกว่า 50Hz ความถี่ Roll-off ไปไม่เยอะเท่าไร อุปกรณ์ที่เหลือก็ได้มาราคาไม่สูงครับ ติดขั้วขนาดเล็กหน่อย ลองดูหือหือไม่ตั้งแต่ Spec ดี เผลอๆ



ตัวอย่าง Transformer ที่ตอบสนอง Audio Frequency แต่ไม่ครอบคลุมที่มนุษย์ได้ยิน

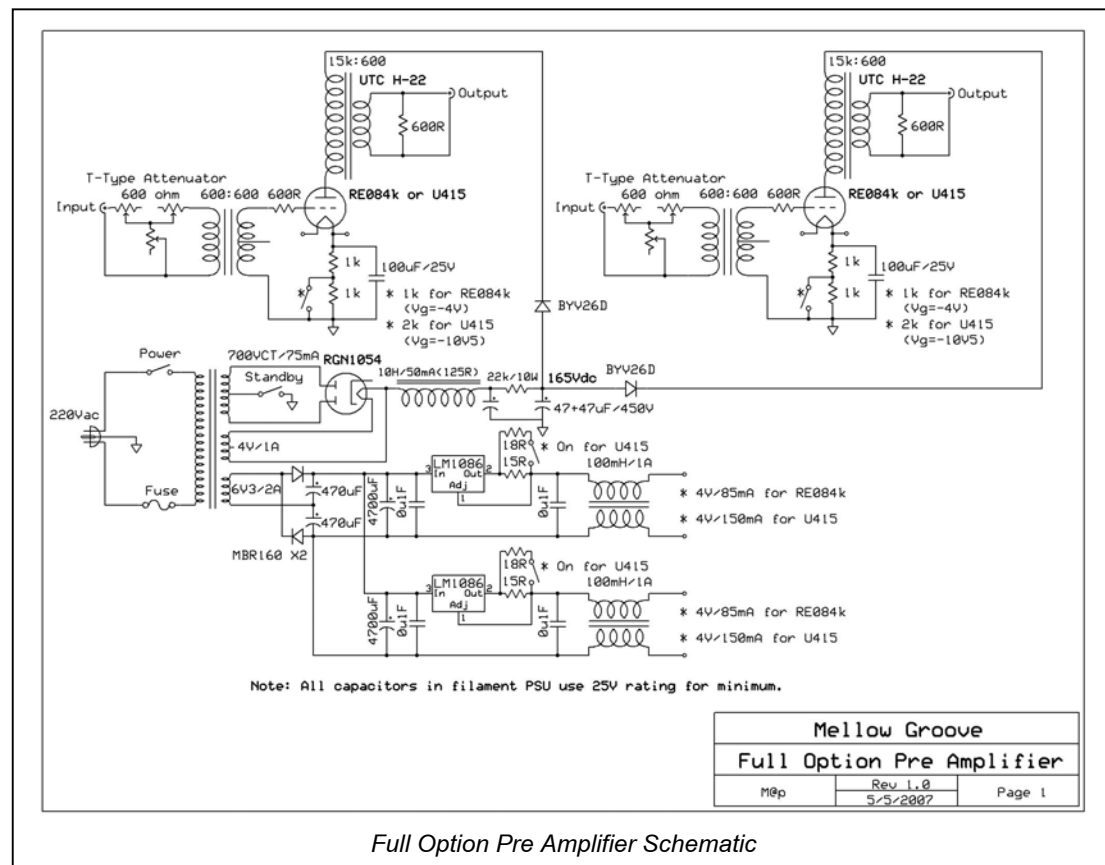
เป็น OEM ให้ยี่ห้อดังๆ ด้วย เวลาหาลองอ่าน Spec ดีๆ ครับ โดยเฉพาะพวก Transformer ถ้ามี Frequency Response บอกไว้ก็ไม่มีปัญหาครับ แต่ถ้าไม่มีก็ต้องรู้ว่าถูกใช้ในงานประเภทไหน อยู่ในเครื่องส่งวิทยุ หรือในอุปกรณ์บันทึกเสียง ก็จะมีพอรู้แนวทางในการนำมาใช้งานต่อครับ

อย่าลืมนะครับว่า Audio Frequency นั้น ครอบคลุมตั้งแต่ 20Hz – 20kHz นะครับ ดังนั้น

หม้อแปลงที่ระบุไว้ว่ามี Frequency Response อยู่ใน ช่วง 200Hz – 12kHz ก็ตอบสนอง Audio Frequency ได้เหมือนกัน แต่ไม่ครบที่หูเราได้ยินครับ มีหลายคนที่เขา Transformer ที่ใช้ในงานวิทยุสื่อสารมาทำ ก็เจอปัญหาเสียงกุดทั้งทุ้มและแหลมครับ ดูให้ดีก่อนเลือกครับ เพราะอาจกลายเป็นของที่ไม่ได้ใช้งาน กองไว้ในตู้เหมือนหลายๆ ตัวที่ผมซื้อมาก็ได้ครับ 😊

Detail:

มาดูในส่วนของวงจรนะครับ เริ่มจากที่สัญญาณเข้ามาจะเจอ T-Type Attenuator 600 Ohm ที่ทำหน้าที่เหมือนเป็น Input Impedance ให้กับวงจรและไว้ Matching กับ Stage ก่อนหน้า และหลังตัวมัน ซึ่งเป็น Character ของ T-Type Attenuator ครับ โดย Stage ก่อนหน้านี้จะมองวงจรนี้มี Input Impedance เป็น 600 Ohm ตลอดเวลา หลังจากผ่าน Attenuator แล้วก็จะเจอ Input

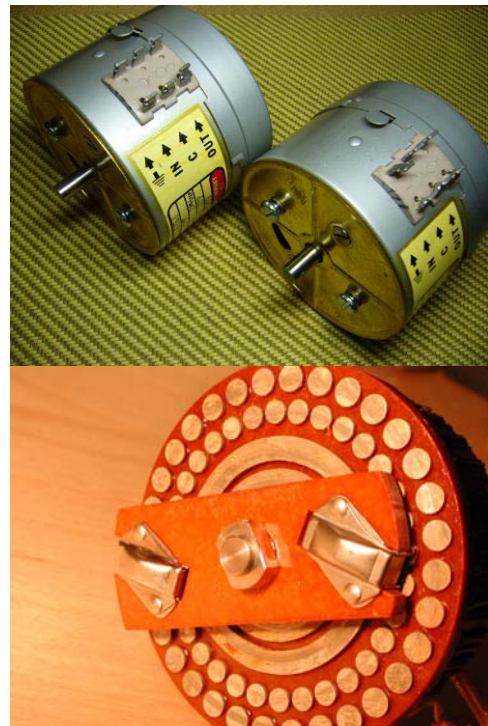


Transformer Ratio 1:1 ที่มี Impedance เป็น 600:600 Ohm ทำหน้าที่ Coupling สัญญาณเสียง รวมทั้ง Isolate Ground ไปในตัว ซึ่ง Transformer ตัวนี้ก็จะมอง Stage ก่อนหน้าว่ามี Output Impedance เท่ากับ 600 Ohm แล้วก็มาถึงส่วนที่เป็นวงจรหลัก ซึ่งก็ไม่มีอะไรมาก เป็นวงจร Pre Amp ที่มี Output Transformer เป็น Inductive Load คล้ายๆ กับ Power Amp นั่นเองครับ ซึ่ง Output Transformer นั้นทำหน้าที่ Matching Impedance ระหว่าง Pre Amp Stage กับ Stage ถัดไป ซึ่งก็คือ Power Amp นั่นเอง ดังนั้นเราต้องจัดการทำ Impedance ให้ลงมาที่ Level มาตรฐานที่ 600 Ohm ครับ

หลอด RE084k นั้นมีค่า Plate Resistance หรือ R_p ประมาณ 8k ซึ่งผมมี Output Transformer 15k:600R (UTC H-22) ที่สามารถนำมาใช้ในงานนี้ได้พอดี เพราะโดยปกติมันจะนิยมออกแบบให้ Load Resistance มีค่าประมาณ 2-3 เท่าของค่า R_p ของหลอด ซึ่ง Output Transformer ตัวนี้เป็นแบบที่สามารถรองรับกระแสไหลผ่านขด Primary ได้ 8mA เลยสามารถใช้กับหลอดเบอร์นี้ได้สบายๆ ดังนั้นก่อนเลือก Output Transformer มาใช้ ต้องดูก่อนนะครับว่าขด Primary สามารถรองรับกระแสไฟ DC ผ่านได้หรือไม่ เพราะถ้าไม่สามารถรองรับได้ จะมีคำว่า



ตัวอย่าง Transformer ที่ไม่สามารถรองรับกระแสไฟ DC ผ่านขด Primary ได้



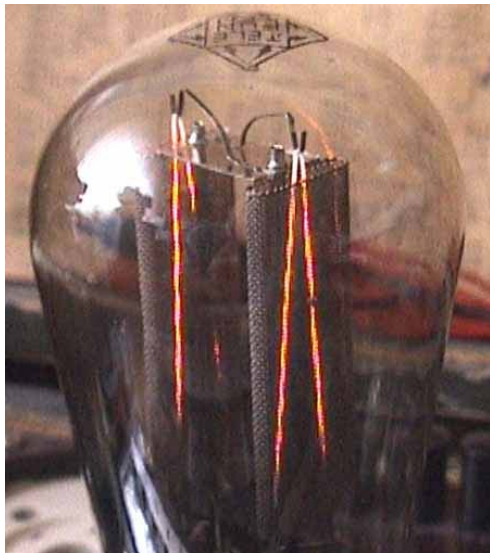
Step Attenuator Daven ตัวนี้เป็น T-Network

“Primary Unbalance DC 0 mA” หรือ “0 DC” แต่ถ้าไม่มีบอก ก็ให้สันนิษฐานไว้ก่อนว่าไม่ได้เหมือนกันครับ

ก่อนหน้านี้ผมได้หลอดเบอร์ U415 ของ Zenith มา ซึ่งพอดู Spec แล้ว สามารถนำมาใช้กับ Pre Amp ตัวนี้ได้เลยครับ เพียงแค่เปลี่ยน R_k แค่นี้ก็แล้ว ผมก็เลยทำ Switch ไว้สลับ ถ้าอยากจะเปลี่ยนหลอดก็สามารถทำได้ง่ายๆ ครับ แต่ก็ต้องระมัดระวังตอนสลับเอาละครับ

ส่วนวงจรภาคจ่ายไฟก็ไม่มีอะไรซับซ้อนครับ เป็น Choke Input ซึ่งเป็นการต่อแบบ LCRC ครับ เนื่องจากวงจรนี้ใช้ไฟไม่สูงมาก ทำให้ต้องลดไฟที่ผ่านหลอดจ่ายไฟลงมาพอสมควร การใช้ Choke ในจุดนี้ก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้พอดี อีกทั้งยังได้เสียงนุ่มแบบที่ชอบด้วยครับ หลอดจ่ายไฟใช้ของ Telefunken เบอร์ RGN1054 Mesh Plate เป็นหลอด DH ซึ่งจ่ายกระแสสูงสุดได้ 75mA ค่อนข้างจะเหลือเฟือสำหรับวงจรนี้ครับ ที่เลือกใช้เพราะชอบหน้าตาของหลอด แล้วมันก็ใช้ Socket แบบ

เดียวกับหลอดขยายด้วยครับ และเท่าที่ได้ฟัง Power Amp ที่ใช้หลอดจ่ายไฟเป็น Mesh Plate เสียงที่ได้ออกแนวโปร่งเหมือนลักษณะของ Plate เลยครับ ยิ่งทำให้ต้องใช้หลอดแบบนี้ในงานของตัวเองครับ



หลอด RGN1054 Mesh Plates
ขณะกำลังทำงาน เห็นไส้หลอดชัดเจน

Start:

ไม่ว่าจะลงมือทำงาน DIY มากี่ครั้ง ส่วนที่ยากที่สุดก็คงไม่พ้นแท่นนั่นเองครับ ตั้งแต่วางตำแหน่งอุปกรณ์ เจาะรูแต่ละจุด ดีที่ทำออกมาแล้ว ไม่คลาดเคลื่อนไปมาก ทำให้ไม่ต้องลำบากมานั่งตะไกวกันให้ปวดมืออีก หลังจากเจาะเสร็จแล้วก็ถึงกระบวนการทำสกริป คราวที่แล้วที่ทำ Power Amp ผมเลือกการทำ Anodized กับแผ่นอลูมิเนียม แต่คราวนี้อยากลองพ่นสีดูบ้างครับ เพราะดูจากงานที่ผ่านๆ มาของเพื่อนแล้วชอบครับ ไหนๆ จะพ่นทั้งที่แล้ว ก็เลยเอาหม้อแปลงจ่ายไฟกับ Output Transformer มาพ่นซะด้วยกันเลย เพียงแต่เป็นคนละสีกันครับ ที่สำคัญการพ่นสีหม้อแปลงเป็นการพ่นบรอยสนิมไปในตัวด้วยครับ แต่ต้องขัดจนสนิมหายไปก่อนนะครับ

แล้วก็ถึงเวลาที่จะทำการประกอบทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วครับ หลังจากที่ทำกรดยึดอุปกรณ์ด้านบนแผ่นอลูมิเนียมเสร็จแล้ว ก็เริ่มเชื่อมต่อแต่ละจุดด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีจำนวนไม่มาก



ใช้สีพ่นแค่ 2 สีครับ หม้อแปลงสีหนึ่ง ตัวแท่นอีกสีหนึ่งครับ



ส่วนของภาคขยายครีบก้อนแดงๆ ด้านขวานั้นคือ Input Transformer 600:600

ขึ้น ผมเดินสายในส่วนสัญญาณด้วย WE Cloth Wire 20AWG ซึ่งเป็นทองแดงแกนเดี่ยวที่คุณภาพดีมากครับ Cathode Resistor เป็น Flat Wire Wound ของ WE เช่นกัน ซึ่งนำมาเสียบเข้ากับร่องที่ว่างอยู่พอดี ก็เลยไม่เกะกะมากนัก Cathode Capacitor เป็น Elna Cerafine แท้ๆ ซึ่งเดี๋ยวนี้หายากจังครับ

พออุปกรณ์ไม่เยอะ ก็ทำงานไม่ยากครับ จะไปแน่นตรงจุด Ground นะครับ ต้องทำใหญ่ๆ



ลักษณะ Plate แนวนอนของหลอด RE084k

หน่อย เพราะจะเจอปัญหาว่าบัดกรีของใหม่แล้วของเก่าก็หลุดอีกประจำครับ อุปกรณ์บางตัวที่ไม่ได้วางแผนในการบัดกรีไว้ล่วงหน้า ก็ต้องหาที่ยึดตามมีตามเกิดครับ ประยุกต์เอาตลอด เพราะไม่อยากจะแทนเพิ่มครับ

Turn On Switch:

ในที่สุด ก็มาถึงส่วนที่ตื่นเต้นที่สุดสำหรับผม นั่นก็คือการป้อนไฟเข้าเครื่องที่เพิ่งทำเสร็จครับ โดยที่ยังไม่ได้ต่อเข้ากับ Power Amp นะครับ ทำการเปิดไฟจุดไส้หลอดก่อน ก็เห็นไส้หลอดของ RGN1054 ติดแล้ว โชคดีที่เป็น Mesh Plate ก็เลยเห็นไส้หลอดชัดเจน แบบไม่ต้องส่องนาน แต่หลอด RE084k นี่สิครับ ส่องยังไงก็ไม่เห็นไส้หลอดเลย เนื่องจาก Plate เป็นแบบแนวนอนและส่วนที่เป็น Getter จะบังร่องของ Plate พอดีครับ เลยทำให้หาความสว่างไม่เจอเลยครับ แต่เนื่องจาก Power Amp ของผมสว่างอยู่แล้ว เลยพอชดเชยกันได้ครับ



ด้านขวาเป็นส่วนวงจรขยาย ส่วนด้านซ้ายที่เป็น PCB นั้นชุดจุดไฟไส้หลอดครับ

พอเปิดไฟสูงเข้าเครื่อง ก็ยังโชคดีที่ไม่มีเสียงอันไม่พึงประสงค์ออกมาให้ได้ยินครับ พอลองต่อเข้ากับ Power Amp เท่านั้นล่ะครับ เสียงอัมเสียงจี้มากันเพียบเลย ซึ่งน่าจะมาจากไส้หลอดแน่ๆ เพราะแค่เปิดไฟไส้หลอด ก็มีเสียงพวกนี้มาได้ยินแล้วครับ เลยต้องมาหาสาเหตุของการเกิดเสียงพวกนี้กันครับ

Troubleshooting:

ต้องทำความเข้าใจก่อนนะครับ ว่าผมได้เอาหม้อแปลงจ่ายไฟจากพวกเครื่องส่งเก่าๆ มาใช้ ทำให้มีขดใช้งานแค่ 3 ขด คือขดไฟสูง ขดไฟจุดไส้หลอด Rectifier และขดไฟจุดไส้หลอด Amplifier แต่เนื่องจาก Pre Amp ตัวนี้ใช้หลอดแบบ DHT ทำให้ไฟจุดไส้หลอดนั้นต้องแยกจากกันทั้ง 2 ข้าง เลยต้องใช้วิธีการแยกด้วย Bridge Rectifier โดยการนำขดทั้ง 2 เส้นมาต่อเข้ากับ Bridge Rectifier 2 ชุด ส่วนต่อไปก็เป็นชุด CCS ของไส้หลอด โดยใช้ LM1086 ซึ่งคิดว่าน่าจะลงตัวแล้ว พอใช้งานจริงก็

มีเสียงจี้เสียงอัมมาให้ได้ยินกัน ปกติหาผู้เชี่ยวชาญก็ลองคิดว่า แรงดันที่ตกคร่อม LM1086 น่าจะน้อยไป เพราะขดของหม้อแปลงนั้นออกมา 6.3V ผ่าน Bridge Rectifier แล้วได้ 7.5V ไฟไส้หลอดต้องการ 4V ดังนั้นจะมีแรงดันตกคร่อม LM1086 เท่ากับ 3.5V ซึ่งน่าจะน้อยไป ทำให้ชุด CCS ทำงานได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาที่พอจะนึกออกก็คือการใช้วงจร Rectifier แบบ Voltage Doubler เพื่อเพิ่มแรงดันให้มากขึ้น แล้วค่อยมาผ่านชุด CCS เหมือนเดิม ปรากฏว่าหายสนิทครับ เสียงจี้เสียงอัมไม่มีให้ได้ยินเลยครับ ค่อยโล่งอกหน่อย จะได้ตั้งอกตั้งใจฟังเพลงเสียทีครับ

Listening:

หลังจากที่ต่อ Pre Amp ตัวนี้เข้าไปใน System ของผมแล้ว พบว่านอกจากจะช่วยเติมเสียงกลางให้หนาและหวานขึ้นแล้ว ยังเพิ่มความสดและความกระฉับกระเฉงให้กับเพลงเดิมๆ ด้วยครับ ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการใช้ Transformer



หลอด Zenith U415 เอามาลองเสียบฟังแทน RE084k ครับ

Coupling ทั้งระบบ โดยที่มี Resistor กับ Capacitor แคข้างละตัว ถ้าไม่นับส่วนภาคจ่ายไฟ ซึ่งก็ไม่ได้ใช้อุปกรณ์มากครับ

ตอนนี้ติดใจเสียงจากหลอด European DHT ไปเลยครับ ที่แรกนึกว่าจะเด่นแค่เสียงกลาง เหมือนพวกเบอร์ 26 ปรากฏว่าพอฟังแล้ว Tonal Balance ดีในทุกๆ ความถี่ครับ แนะนำให้มาลองทำฟังดูครับ

Conclusion:

สรุปสุดท้ายนะครับ คล้ายๆ กับปีที่แล้ว ที่เคยบอกไว้ว่า อยากทำอะไร อยากรู้อะไร ลงมือเลย ครับ บางทีข้อมูลที่มีอาจจะน้อยบ้าง หายากบ้าง แต่ก็ไม่เกินความสามารถแน่นอนครับ

หลายๆ คนอาจจะชอบหลอดสูญญากาศ ที่รูปร่างหน้าตา เห็นแล้วอยากเก็บสะสมหรืออยาก ทำให้มันมีเสียงออกมา เพื่อนผมบางคนต่อให้รู้ว่า หลอดนั้นๆ ดีแค่ไหน แต่ถ้าไม่ชอบหน้าตามัน ก็ไม่ อยากลงมือทำแล้วครับ ตรงกันข้ามถ้าหลอดมัน

หน้าตาดี ข้อมูลจะน้อยแค่ไหน ก็แสวงหามาจนได้ แล้วก็พอใจที่ได้ทั้งฟังและมองไปพร้อมๆ กัน 😊

สิ่งเหล่านี้มันเป็นเรื่องของรสนิยมนะครับ เหมือนกับที่เราแต่ละคน ชอบฟังเพลงกันคนละ แนวกัน บางทีเรานำเครื่องเสียงของเราไปฟังกับ System ของเพื่อน อาจจะออกมาไม่ถูกใจเหมือน อยู่กับ System ของเราเอง เพราะทุกคนพยายาม จะ Tune เสียงออกมาให้เหมาะกับรสนิยมการฟัง เพลงของตนเอง

อย่างไรก็ตาม จากการที่ผมได้ไปลองฟัง จาก System ของคนกันเองหลายๆ คนแล้ว รู้สึกว่า ถ้าองค์ประกอบทั้ง System มันมีความเป็นมาตรฐาน ตั้งแต่ Source, Pre Amp, Amp, Speaker อยู่ในระดับที่สามารถอ้างอิงได้ เราจะสามารถแยก แยะความแตกต่างของเครื่องแต่ละเครื่องได้ชัดเจน ซึ่งจะทำให้เรารู้ว่า เราควรจะปรับปรุง System ใน ส่วนไหน แล้วเครื่องที่เราทำขึ้นมาชิ้นนี้ ก็จะช่วย พัฒนาทักษะในการฟังเพลงของเราได้เองครับ



ถ่ายรูปคู่กับพี่ชายอายุห่างกัน 1 ปีเต็มๆ

Thanks to:

ก่อนอื่นต้องขอบคุณแฟนผมครับ ที่ได้แบ่งเวลาให้ผมมาทำงานชิ้นนี้จนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขคำที่เข้าใจยากให้อ่านง่ายขึ้น 😊 บ๊ีบ สำหรับความช่วยเหลือในหลายๆ ส่วนที่สำคัญให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ไม่เช่นนั้นอาจจะส่งบทความนี้ไม่ทัน พี่อาร์ต สำหรับคำแนะนำดีๆ เหมือนเคย และเวลาที่เหลือเพื่อในการเขียนบทความนี้ 😊 และอีกหลายๆ คนที่ไม่ได้เอ่ยนามสำหรับคำถามยอดฮิตที่ถามด้วยความเป็นห่วงว่า “ยังไม่เสร็จอีกหรือ?” ขอขอบคุณจริงๆ ครับ สุดท้ายนี้ผมอยากขอบคุณคณะผู้จัดทำ DIY Journal และเจ้าของบทความทุกท่าน ที่ได้สละเวลามามอบความรู้ให้เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ผมเชื่อว่าคงมีหลายๆ คนที่ได้รับความรู้และแรงบันดาลใจในการ

พัฒนาชุดเครื่องเสียงทั้ง DIY บางส่วนหรือทั้งหมดไม่มากนักน้อยครับ แล้วพบกันใหม่เมื่อโอกาสมาถึงครับ 😊

หากคุณสามารถอ่านบทความนี้แล้วมีข้อสงสัยหรือมีข้อติชมใดๆ สามารถติดต่อผมโดยตรงได้ที่ Mellowgroovy@gmail.com ครับ



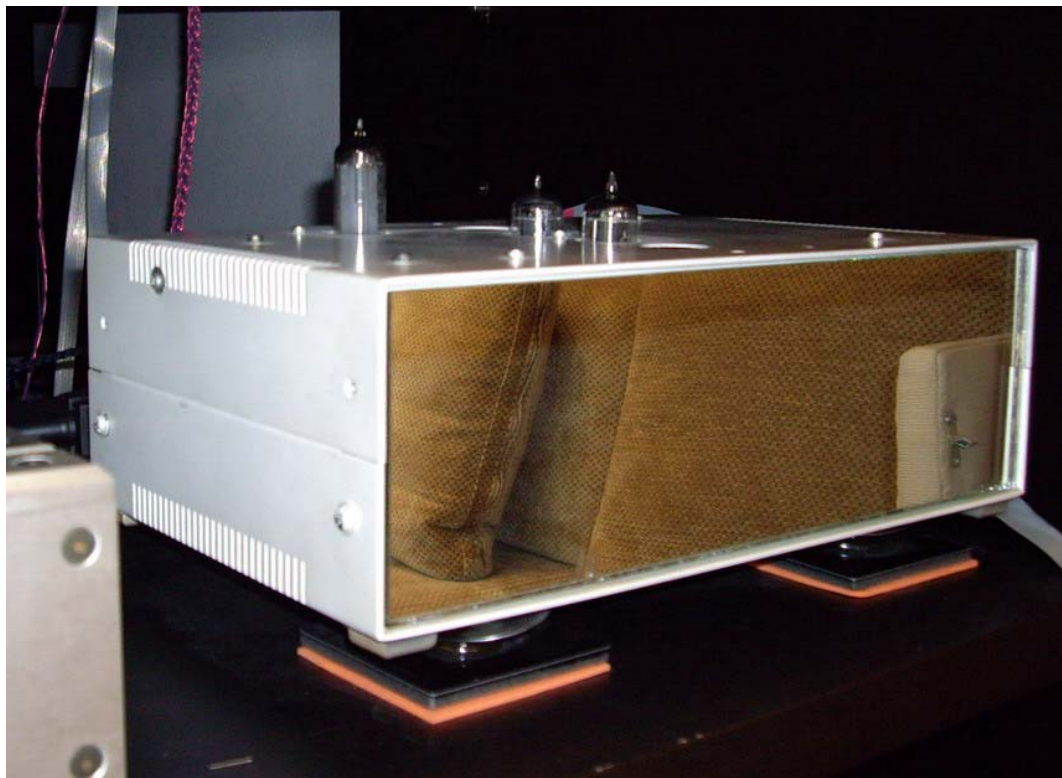
The Only Source of Knowledge is Experience.

Albert Einstein
(1879 – 1955)

GROUND GRID TRILOGY

I TO V CONVERTER

ผู้เขียน : วิทยา ตั้งธนาพร



WE407A Ground Grid I/V Converter

ภาค 1 : อยู่กับสิ่งที่มี

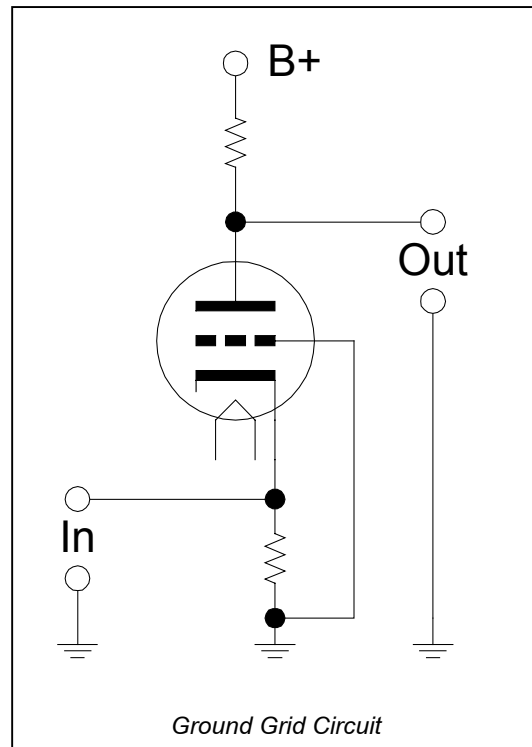
หลังจากผมทำปริ๊นเอมป์ Aikido เสร็จไป (สามารถหาวงจร Aikido ของ John Broskie ได้จากเว็บนี้ <http://www.tubecad.com>) ผมรู้สึกว่ามันเป็นวงจรที่น่าทึ่งมาก เพราะนอกจากมันจะให้เสียงดีแล้ว มันยังเป็นการออกแบบที่ชาญฉลาด นำเอา Noise มาหักล้างกันเอง เหมือนกับ Aikido ที่เอาแรงของคู่ต่อสู้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำร้ายคู่ต่อสู้เอง ผมเริ่มมองหาวงจรใหม่ๆ ทำ โดยคิดว่าจะอาศัยหลักการในการเอาข้อจำกัดที่มีอยู่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผมมองไปที่ ภาค I/V + Output ของ DAC ผมรู้สึกว่า วงจรที่ผมใช้อยู่มีจุดอ่อน เพราะผมใช้ Non-Oversampling TDA1541A สองตัวขนานกัน จากนั้นก็ใช้ R เป็น Passive I/V

Converter แล้วจึงใช้หลอดมาทำเป็น Voltage Gain Stage ก่อนหน้านั้น ผมได้ฟัง D1 DAC ของ Nelson Pass แล้ว รู้สึกว่ามันให้ไดนามิคและรายละเอียดที่ดี ถึงแม้เนื้อเสียงมันจะไม่เนียนเหมือนหลอด แต่มันก็ได้ในแง่รายละเอียดและไดนามิคที่ดี ผมสรุปให้ตัวเองว่า ไดนามิคจะดีได้ ต้องใช้ Active I/V ต่อมาผมได้ IC LM4562 มาใช้ในภาค Output ของ DAC โดยทำเป็น Op-amp I/V และ Op-amp Output Stage ซึ่งมันให้เสียงที่ครบเครื่องทีเดียว ไดนามิคดีเช่นเคย ตอกย้ำกับความเชื่อของผมว่า Active I/V Converter จะให้ไดนามิคที่ดีกว่า

ผมกลับมาคิดว่าทำยังไงถึงจะทำชุด I/V ด้วยหลอดได้ ถ้าได้ Gain ด้วยใน Stage เดียวก็ดี Input Impedance ต้องต่ำ เพราะ TDA1541A

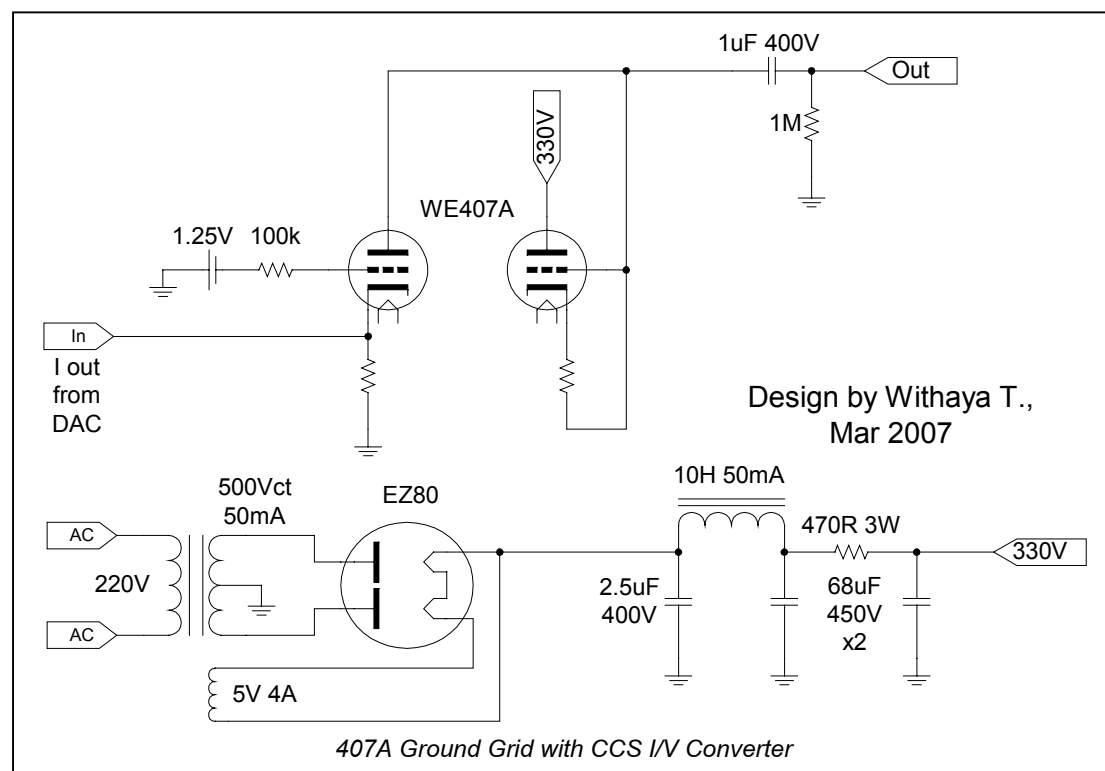
ต้องการเห็น Input Impedance ของ Stage ถัดไป
ต่ำๆ เป็น 0 ได้ยิ่งดี ก็เลยออกมาเป็นวงจรนี้ครับ
Ground Grid Current Source I/V Converter

ผมขออธิบายวงจร Ground Grid ก่อน
หลายคนคงไม่คุ้นเคยกับวงจรนี้ ชื่อก็บอกครับ คือ
เอา Grid ไปลง Ground เมื่อเอา Grid ลง Ground
แล้ว เราจะเอาสัญญาณป้อนเข้าที่ไหนล่ะ ก็เอาเข้า
ที่ขา Cathode แทนไงครับ แล้วออกที่ Plate
เหมือนเดิม ที่นี้เอาสัญญาณเข้าที่ขา Cathode จะ
ทำให้มันมี Input Impedance ต่ำมาก ถ้าเป็นวงจร
ทั่วไป เราคงไม่ต้องการ เพราะเราต้องการ Input
Impedance ที่สูง แต่ในกรณีนี้ มันใช่เลยครับ เป็น
สิ่งที่ TDA1541A ต้องการเห็น และจุดเด่นของวงจร
Ground Grid ก็คือการตอบสนองย่านความถี่ที่
กว้างมาก Wide Bandwidth ในวงจร Ground
Grid นี้ ถ้าเราจะ Bias ด้วย R Cathode มันจะทำให้
มีไฟ DC ที่ Input ซึ่ง TDA1541A คงไม่ชอบแน่
เราต้องหาวิธี Bias แบบอื่น เนื่องจากผมชี้แจงทำ
ภาคจ่ายไฟลบ ผมเลยเอามุข Battery Bias มาใช้
อีก ด้วยการเอา Battery ขนาด 1.5V AA มา Bias
มัน ในรูปผมชี้แจงแก่นะครับ ตอนแรกผมใช้



Battery Rechargeable มาใช้ เพราะมันอยู่ใกล้มือ
ที่สุด แต่พอทำเสร็จ ก็เอา Batt ธรรมดาใส่แทน
เพราะรู้สึกเปลืองของ

ที่นี้เราก็กเอา Current Source มาวางทับ
หัวมันอีกที เพื่อให้มันทำหน้าที่เป็น I/V ได้ด้วย
กระแสเข้า DAC 8mA Max (DAC ผมเป็น Twin



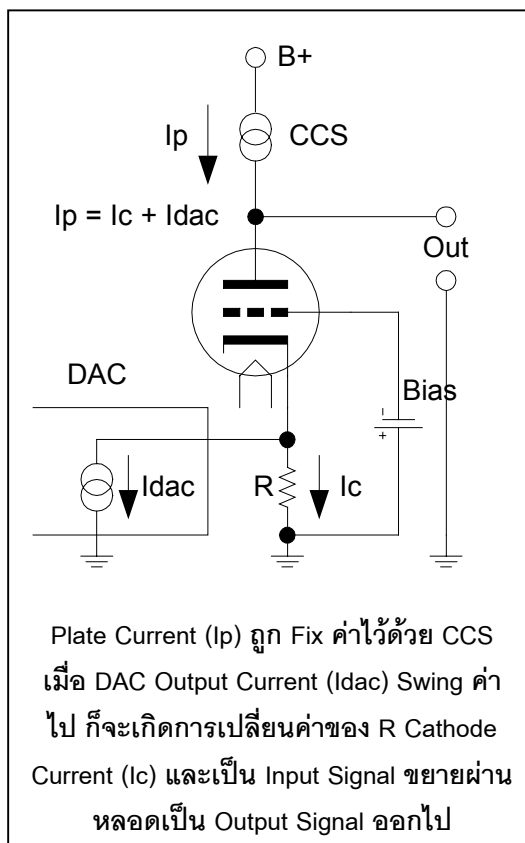


ต่อใช้งานใน System กับ CD-Pro2m

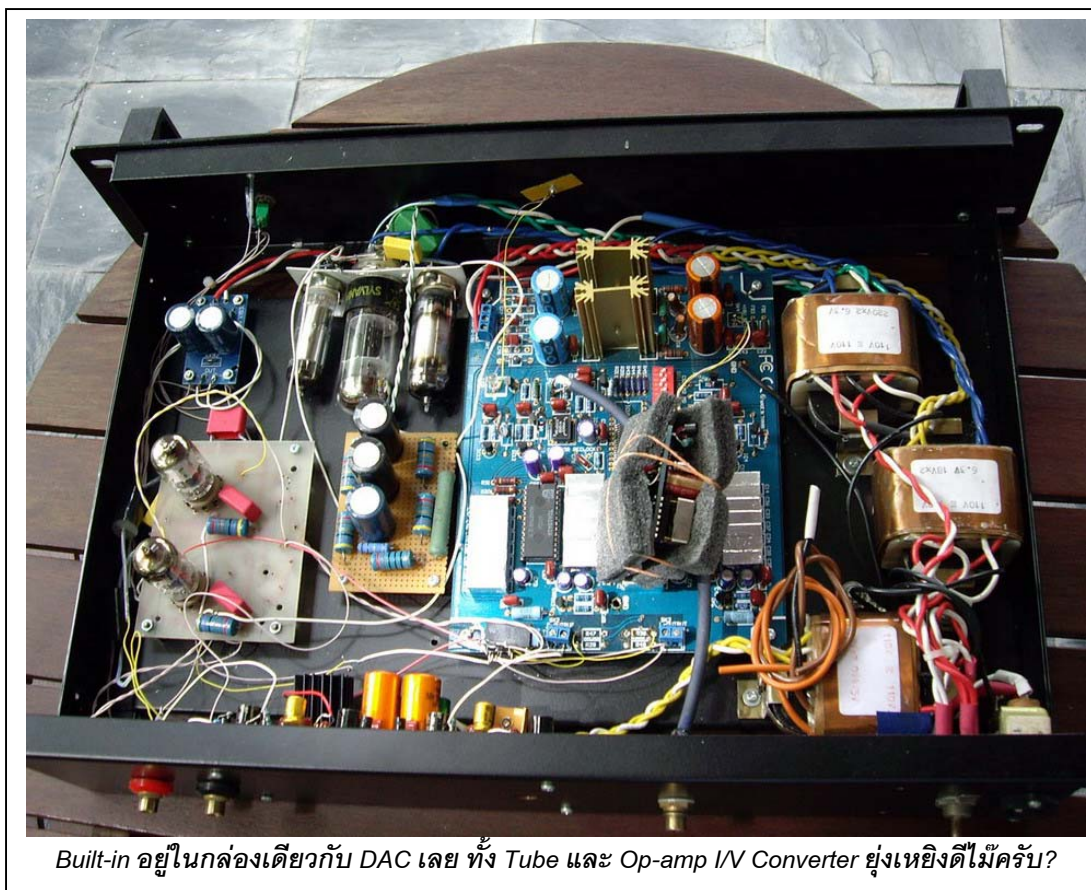
DAC มันเลยเป็น 8mA Max ถ้าคุณใช้แค่ตัวเดียวก็ จะออกแค่ 4mA Max นะครับ) เนื่องจาก Plate Current ถูกบังคับให้คงที่ด้วย Constant Current Source (CCS) เมื่อ DAC ได้รับสัญญาณ Digital เข้ามา มันก็จะเปลี่ยนแปลงค่า Current Output (Current Sink) ให้สอดคล้องกับข้อมูล Digital การเปลี่ยนแปลงนี้ยอมไปเกิดกับหลอด 407A ด้วย เพราะว่ามันต่ออนุกรมกันอยู่ และเกิดการเปลี่ยนแปลงบน R1 ค่า 33 Ohm ด้วย และกลายเป็น Output Voltage จาก Plate Resistance (R_p) ของหลอด ค่าของ R1 คุณอาจจะลองเปลี่ยนเล่นดูนะ ครับ ว่าค่าไหนที่คุณคิดว่าเหมาะสำหรับคุณ (10-100 Ohm) ตอนนั้นผมใช้ 33 Ohm แต่ผมก็เพิ่งทำ เสร็จไม่นาน อนาคตอาจจะเปลี่ยนได้ ที่ 33 Ohm ผมวัดไฟได้ 240mV ที่ DAC Output ผมเดาเอาเอง ว่ามันคงไม่เป็นไร แม้จะเคยมีผู้แนะนำเอาไว้ว่า ไม่ ควรให้แรงดันที่ Output ของ TDA1541A เกินค่า 25mV ก็ตาม แต่ตอนนี้มันก็ทำงานแบบนี้มา 2 เดือนแล้ว ถ้ามันเป็นไรไปก็จะแจ้งอีกทีละกัน

อีกตัวที่กำหนดเสียงคือ R2 ที่เป็นตัว กำหนดกระแสไหลในวงจร ตอนแรกจากการ คำนวณผมได้ 200 Ohm และผมทดลองฟังเทียบกับ IC Opamp LM4562 ผมพบว่า แรงกระแทก ของเบสยังสู้ไม่ได้ แต่เสียงเนียนกว่า หลังจากโทร ไปปรึกษากับอาจารย์ศานิต ก็ได้ Trick ว่าอาการ แบบนี้ ให้ปรับกระแสให้น้อยลง ผมปรับเป็น 240

Ohm กระแสน้อยลง 0.5mA ตอนนี้เสียงเบส กระชับแล้วครับ แต่ฟังไปนานๆ พบว่า ปลายเสียง แหลม พวกเสียงตัว S ต่างๆ นานา มันเน้นชัดเกินไป ผมเลยใส่ 220 Ohm เป็นอันจบ ได้เลยตามรสนิยมผม ต้องถือว่างจรนี้ค่อนข้างไวต่อการ Bias มันต้องการความละเอียดขนาด 0.25mA ถึงจะได้ ตามใจ แต่ถ้าคุณจะทำบ้าง อย่าลืมหัดเล่นดูนะ ครับว่าคุณชอบเสียงที่ค่าไหนที่สุด



ที่ผมเลือกใช้ 407A ก็เพราะผมมีหลอด Western Electric เบอร์นี้อยู่ และเพราะว่าขนาด มันเล็ก น่ารักดี แถม Trans-impedance ต่ำ R_p มากพอควร ทำให้ได้เกนพอเหมาะ ถ้าคุณใช้หลอด ที่ R_p น้อยๆ อย่าง 6DJ8 มันอาจจะได้ Voltage น้อยเกินไปนะครับ (ผมลองแล้ว 6DJ8 เสียงเบา เซียว) ถ้าคุณไม่อยากจะคำนวณใหม่ ก็ใช้หลอดเบอร์นี้ก็ได้ หรือถ้าหาไม่ได้ ก็เอาเบอร์ 2C51, 5670, 6385, 6854 หรือ 6N3P ก็ได้ครับ 407A เป็น หลอดสเปคเดียวกันแต่ Filament เป็น 20/40Volt



Built-in อยู่ในกล่องเดียวกับ DAC เลย ทั้ง Tube และ Op-amp I/V Converter ยุ่งเหยิงดีไม่ครับ?

เท่านั้นเอง ไม่น่าจะต้องเปลี่ยนอะไร หรืออยากใช้พวก 12AT7, 12AU7, 12AX7, 12AY7, 12AZ7 ทั้งหลายก็ตามสบายเลยครับ แต่คงต้องคำนวณค่าต่างๆ ใหม่เอาเอง แต่ถ้าคุณคิดเป็นมันเป็นเหมาะว่าคุณจะทำวงจรนี้ ด้วยการใช้หลอด 6385 Bendix หละก้อ เปลี่ยนใจได้เลยครับ แล้วโยนหลอด 6385 ที่ออกนอกบ้านทันที ก่อนโยนกรุณาโทรหาผมก่อนนะครับ ผมจะรีบไปเก็บหลอด 6385

Bendix ที่คุณโยนทิ้งทันทีทันใด ผมไม่อยากจะให้เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมนะครับ

เสียงที่ได้ หลายๆ คนคงอ่านๆ แล้วข้ามมาเลยว่างจรนี้มันจะให้เสียงยังไง จะได้ตัดสินใจว่าควรทำหรือเปล่า เขาเป็นว่าผมไม่เล่าแล้วกันครับ เก็บไว้ให้คนที่ทำเท่านั้นที่ได้รู้

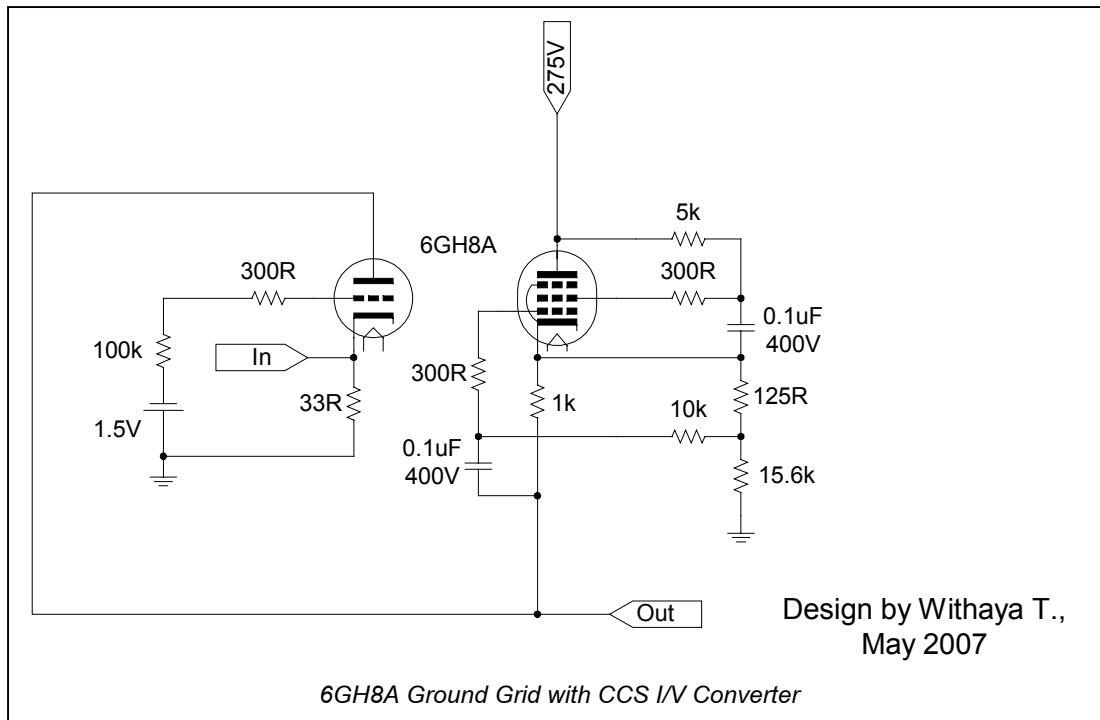
ภาค 2 : เริ่มจะไม่พอ

หลังจากทำ DAC I/V Converter อย่างพอเพียงไปด้วย 407A แบบ Ground Grid ผมเริ่มสงสัยว่า แล้วมันดีกว่านี้ได้ไหม ถ้าแทนที่ Current Source ข้างบน โดยเปลี่ยนเป็น Pentode ละสถานะทางด้าน Current Source ของมันน่าจะดีขึ้นนะ แถมยังเล่นเป็น Mu Follower ก็ได้ถ้าอยากทำ ผมเลยลองต่อเล่นดู

วงจรก็ตามที่เห็นครับ บังเอิญผมมีหลอด 6GH8A อยู่หลายหลอด และผมไม่เคยฟังเสียง



407A Western Electric



หลอดนี้เลย ผมเลยต่อดู ดูจากรูปวงจร ที่ Output จะต้อง มี C Coupling ก่อนออกนะครับ ผมไม่ได้เขียนเอาไว้ ตรงนั้นมีแรงดันเป็นร้อยโวลท์อยู่ จริงๆ แล้ววงจรนี้มี Output ได้สองจุด ให้ทดลองต่อฟังดู จุดแรกคือจุดที่ผมเขียนว่า Out เอาไว้ อีกจุดคือที่ขา 7 ของหลอด 6GH8A ซึ่งที่จุดนี้จะมี Output Impedance ต่ำกว่าเล็กน้อย เพราะมันจะกลายเป็นวงจร Mu Follower ไป

ฟังไปฟังมา ผมว่าผมชอบเสียงของ I/V Converter ตัวแรกที่เป็น 407A มากกว่า แต่คนที่เคยฟังหลอด 6GH8A มาก่อน ลองมาฟังก็บอกว่ามันเป็นเสียงลักษณะของหลอดเบอร์นี้ แสดงว่าผมไม่ชอบเสียงหลอดเบอร์นี้ หรืออาจเป็นเพราะวงจรนี้สู้วงจรแรกไม่ได้ ซึ่งถ้าว่ากันตามทฤษฎีแล้ว วงจรนี้น่าจะดีกว่าวงจรแรก อีกจุดหนึ่งคือภาคจ่ายไฟในวงจรนี้ ไม่ดีเท่ากับภาคจ่ายไฟในวงจรแรก ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลให้มันเสียงสู้วงจรแรกไม่ได้

ใครขยันก็ลองทำวงจรนี้ทีสิครับ ใช้หลอดเบอร์อื่นนะ จะเป็น Pentode-Triode ใน Envelope เดียวแบบของผม หรือจะแยกหลอดก็ได้ เพื่อจะได้เสียงดีขึ้น เจอหลอดไหนเหมาะบอกกันด้วยละกัน



6GH8A Realistic Triode-Pentode

ภาค 3 : แล้วอย่างนี้มันจะพอไหม

อีกรูปแบบหนึ่งของ I/V Ground Grid ครับ ใช้ Pentode มาทำ ผมเอา EF184 มาใช้ เพราะมีคนเคยบอกว่าเสียงดีและผมก็มีอยู่ ผมเริ่มจากหา Load Line ของมันก่อน ผมลองวาดดูหลายๆ แบบ แล้ว ผมพบว่าประมาณ 3.6k ดูจะ Linear ที่สุดที่ Plate Voltage ประมาณ 225V Bias 2.5V Plate Current 12mA บางคนอาจจะมองว่ามันสวิงได้น้อย แต่ในวงจรนี้ สัญญาณอินพุตสวิงแค่นี้ก็มิลลิ

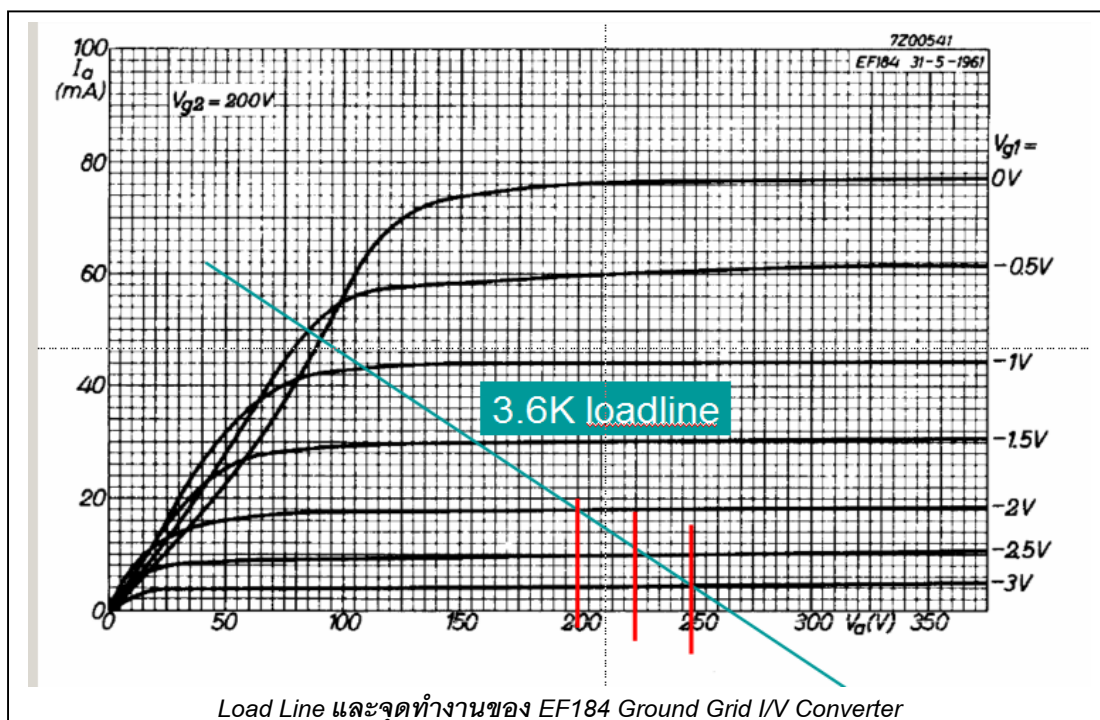


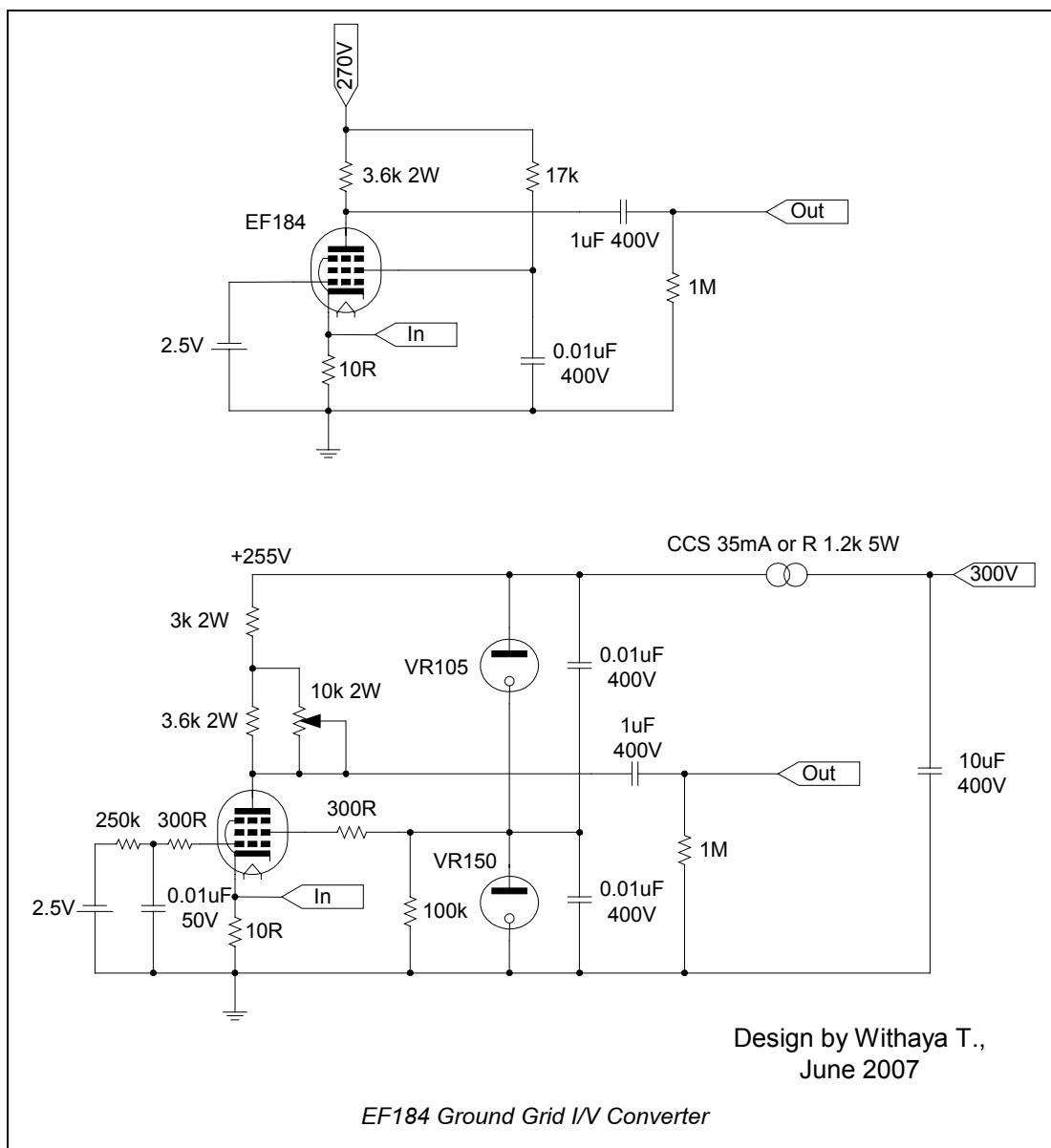
โวลท์เองครับ เพราะ TDA1541A ให้กระแสได้สูงสุด 4mA เอง ผมมีอีกวิธีในการหาค่า R Load สำหรับคนที่ไม่ชอบคำนวณให้ยุ่งยากในตอนท้าย

ต่อมาก็คือเป็นวงจร จะเห็นว่าวงจรของ Pentode ไม่มีอะไรซับซ้อน ที่ Plate ของ EF184 ใช้ R Load 3.6k 2W ที่ R Cathode ผมจงใจใช้ R ค่าน้อยๆ เพราะยิ่งน้อยก็ยิ่งดี Distortion ยิ่งต่ำ คุณจะสามารถลองได้หลายๆ ค่า ถ้าเบาไปก็เปลี่ยนค่ามากขึ้น แต่อย่าให้เกิน 50 Ohm นะครับ โดยไป

Bias ที่ Grid ด้วย Battery แทน เพื่อให้ได้ 2.5V ผมใช้ถ่าน 1.25V สองก้อน จะขนาน C 0.01uF ไปด้วยก็ได้ Bias Grid สอง มั่นจะกินกระแส 4.1mA ผมเลยใช้ R 17K จากไฟสูง และต่อ C 0.01uF 400V ลง Ground ถ้าอยากสนุก ลองเปลี่ยนดูระหว่างลง Ground หรือไปลงที่ขา Cathode อันไหนเสียงดีกว่ากัน สำหรับวงจรนี้ ผมมองว่ามันแทบไม่ต่างกัน เพราะ R Cathode ค่าน้อยมาก จากนั้นก็เอา Output ออกจาก Plate ผ่าน C Coupling เป็นอันจบพิธี

ภาคจ่ายไฟค่อนข้างสำคัญสำหรับวงจรนี้ นะครับ ผมออกแบบเป็น Constant Current Source ก่อนเข้า Shunt Regulator ด้วยหลอด VR ถ้าคุณชอบทรงใหญ่ คุณจะเลือก 0C3 (105V) + 0D3 (150V) ก็ได้ หรือถ้าชอบสูงเพรียว จะใช้ 0B2 105V + 0A2 150V ก็ได้ตามความชอบ จะเห็นว่าผม Bypass ทั้งสองหลอดด้วย C 0.01uF เพื่อลด Noise และมี R100k Bypass VR Tube ตัวล่าง เพื่อให้มันจุดติดง่าย คุณจะ Bypass ด้วย R ที่หลอดบนหรือหลอดล่างก็ได้ มันจะทำหน้าที่ให้หลอดจุดติดที่ละหลอด ไม่อย่างนั้นด้วยไฟแค่ 300V คุณจะจุดมันไม่ติดเอา ถ้าไม่ Bypass ด้วย R





ที่ R Load คุณจะเห็นว่าผมต่อเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็น R Fix 3k อีกส่วนเป็น Variable Resistor 10k ที่ขนานกับ 4.7k ซึ่งที่ค่าสูงสุด 10k ก็ จะขนานกัน ได้ค่า 3.19k ตอนนี้น้คุณก็สามารถเล่น ได้แล้วว่า ค่าไหนจะให้เสียงดีที่สุด? โดยการปรับ ค่า VR 10k ไปเรื่อยๆ และลองฟังดู จนกว่าจะเจอ ค่าที่คุณชอบ บางทีค่าจากการคำนวณก็ไม่ได้เป็น ค่าที่ดีที่สุดเหมือนกัน

ที่ Grid ผมต่อ Grid Stopper 300 Ohm เอาไว้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของหลอด Pentode ถ้าไม่ ใส่ไว้ก็อาจจะ Oscillate เองง่ายๆ ที่จุด Battery

Bias ผมใช้ R 250k เป็นตัวแยก Battery ออกไป โดยกระแสจะวิ่งเป็น Loop ผ่าน C 0.01uF แทน นั้นหมายความว่า C ตัวนี้จะมีผลต่อเสียงเหมือนกันนะครับ

เสียงเป็นยังไงไม่รู้ครับ เพราะขณะที่กำลัง เขียนบทความนี้ ผมยังทำไม่เสร็จเลย แต่คงไม่นาน นักก็จะได้ฟังแล้ว

ขอให้มีความสุขกับเสียงเพลงครับ

วิทยา ตั้งธนาพร

ทำเนียบผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดทำ DIY Journal

ตั้งแต่เริ่มจัดทำ DIY Journal กันมาเมื่อปี 2543 จนถึงปัจจุบัน (2550) มีผู้ให้ความอนุเคราะห์ส่งข้อเขียน, บทความมาลงมากมายกว่า 70 บทความ จากผู้ให้ความอนุเคราะห์ 23 ท่าน ทางทีมผู้จัดทำ DIY Journal ขอขอบคุณจากใจ และขอถือโอกาสนี้จัดทำทำเนียบผู้ให้ความอนุเคราะห์ไว้ ณ ท้ายเล่ม Issue YB2006 นี้ด้วย เพื่อเป็นอนุสรณ์ในวิทยาทานและความเสียสละของทุกๆ ท่าน ในโอกาสเดียวกันนี้ ทางทีมงานได้ขอให้ทุกท่านฝากข้อความส่งท้ายไว้ ณ ทำเนียบท้ายเล่มนี้ด้วย ขอขอบคุณอีกครั้งครับ

ดีใจที่ได้ร่วมงานกับทุกๆ ท่าน

ทีมงาน DIY Journal



บทความ

ชื่อ กฤตย์ ฮ้อเผ่าพันธุ์
นามปากกา Kris Horpaopaun
Email Address krishorpaopan@hotmail.com

- | | |
|---|--------------|
| 1. มาทำความเข้าใจ Class D กันเถอะ | Issue YB2004 |
| 2. Current Source Regulation Preamplifier | Issue YB2004 |
| 3. Universal SE Amplifier EL38 SE Amplifier | Issue YB2004 |
| 4. อีกรวมกับ EL38 | Issue YB2005 |
| 5. 845 SE Amp อภิมหาโครงการล้านปีของผม | Issue YB2006 |

ไม่ว่างานของเราจะเป็นเช่นใด โลกยังกว้างเสมอ
แม้วันนี้ท่านถูกใจวันหน้าอาจไม่แน่ใจ
วันไหนที่กำลังสับสนว่าตัวเองกำลังทำอะไรอยู่ ก็ลองไปฟังเครื่อง Commercial
และเครื่องท่านอื่นดูครับ แล้วท่านอาจจะพอเห็นว่า ท่านอยู่ตรงไหน
ขอให้มีความสุขกับเพลงที่ท่านชอบครับ
ยินดีรับปรึกษาปัญหาค่ะครับถ้าผมไม่ยุ่งซะก่อนครับ

กฤตย์ ฮ้อเผ่าพันธุ์



ชื่อ เกียรติศักดิ์ ชวเมธิ
 นามปากกา Kriengsak Chawamatee
 Email Address Alexdiy@gmail.com

บทความ

- | | |
|--|--------------|
| 1. Single Ended R120 ของ DIYer มือใหม่ | Issue YB2005 |
| 2. Röhren Verstärker EL156 SE Amplifier | Issue YB2005 |
| 3. F2a Push Pull Amp My Dream of KLANGFILM | Issue YB2006 |
| 4. VT-64 SE AMP จุดหมายปลายทางยังอีกไกล | Issue YB2006 |

ในที่สุดวันที่ไม่อยากให้มาถึงก็มาถึง Switch ของ Year Book ก็ถึงเวลาต้องปิดลง
 ขอให้ทุกท่านมีความสุขกับการ DIY ตลอดไปครับ
 เกียรติศักดิ์ ชวเมธิ



ชื่อ วิทยา ตังธนาพร
 Email Address Withaya_tangtanaporn@yahoo.com

บทความ

- | | |
|---------------------------------------|--------------|
| 1. วันฉนวนดีพิเศษ Capacitor Shoot Out | Issue YB2003 |
| 2. Shunt Mode Step Attenuator | Issue YB2003 |
| 3. พลิกวิกฤตเป็นโอกาส | Issue YB2004 |
| 4. Balance ยกกระดืบ 300B Push Pull | Issue YB2005 |
| 5. Ground Grid I/V Converter Trilogy | Issue YB2006 |

อย่าเชื่ออะไรที่คุณได้อ่าน หรือได้ฟัง ง่าย ๆ
 สร้างคำถามขึ้นมาเสมอว่า ถ้า... แล้วมันจะ... หรือเปล่า
 วิทยา ตังธนาพร



ชื่อ อภินันท์ บุญทอง
Email Address apinun.b@pttict.com

บทความ

1. อีกหนึ่งความรู้สึกดีๆ กับ 2A3 Push Pull Issue YB2004
2. ผมชอบหลอดที่วีคครับ Issue YB2006

ขอให้มีความสุขในการฟังเพลง และการ DIY เครื่องเสียงครับ
หากมีข้อสงสัยประการใด ติดต่อผมได้เสมอครับ ที่เบอร์ 089-4958011 ครับ
อภินันท์ บุญทอง



ชื่อ ผจกญ ไชยมุต
นามปากกา PajoneC
Email Address pajonec@gmail.com

บทความ

1. #27 Fixed Bias Triode Pre-amplifier Issue YB2006

ขอขอบคุณ ทีมงาน DIY Journal และนักเขียนบทความ DIY Journal ทุกๆ ท่าน
ที่ช่วยสร้างสรรค์ บทความ และถ่ายทอดประสบการณ์ดีๆ
ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อตัวผมเอง และผมคิดว่าหลายๆ ท่านที่สนใจ
คงได้ประโยชน์จากบทความต่างๆ ไม่มากก็น้อยเช่นเดียวกัน

ด้วยความนับถือน้ำใจ และช่วยเหลือแบ่งปัน แบบพี่ แบบน้อง
ขอยกย่องทีมงาน DIY Journal และนักเขียนบทความ DIY Journal ทุกๆ ท่าน ที่ช่วย
กันสละเวลาส่วนตัว สร้างงานเขียนดีๆ ฝากไว้เป็นอีกหน้าหนึ่งของสังคมแห่งการ
เรียนรู้ ที่หาไม่ได้จากในตำราเรียนใดๆ นอกจากการได้ทดลองทำจริง

น้องคนหนึ่ง๐๐๐๐๐ หนุ่มครับ
ผจกญ ไชยมุต



บทความ

ชื่อ รัฐการ เทพภิบาล
 นามปากกา rattakarn@netsiam.com
 Email Address rattakarn2001@yahoo.com

- | | |
|---|--------------|
| 1. รายงานผลการทดสอบ 2A3 | Issue YB2002 |
| 2. BATMAN Simple 2A3 SE with Battery Bias | Issue YB2002 |
| 3. SOD #6 Report Single-Ended Amp | Issue YB2002 |

ฝากถึงคนที่ไม่ได้รักหลอด: ใครว่าแอมป์หลอดต้องเบสซ่า ๆ ลีลา เนิบ ๆ
 ฝากถึงคนเริ่มสนใจหลอดแต่ลังเล: ใครว่าแอมป์หลอดไม่มี Dynamic
 ฝากถึงคนรักหลอดและเล่นเป็น: ใครว่า Fix Bias จะต้องเสียงแข็ง ๆ เน้นปลายซิป ๆ

ฝากถึงคนเข้าใจหลอด: อยากให้รู้ว่าจุดอ่อนของแอมป์หลอดที่ว่ามาไม่จริงเสมอไป
 อยากให้รู้ว่าเมื่อแอมป์หลอดตัวไหนให้ Macro และ Micro Dynamic
 ได้ดีแล้วเสียงมันจะชุ่มชื้นหัวใจขนาดไหน

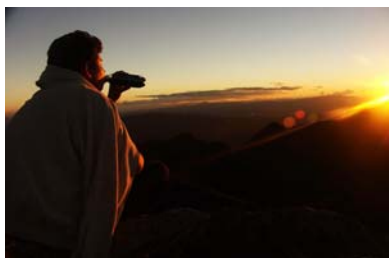
แล้วจะรู้ว่า: แอมป์หลอดก็ให้ Dynamic แบบที่ฟัง Jazz พวกวง Big Band ได้
 แล้วจะรู้ว่า: รายละเอียดถึงขั้นได้ยินละอองไอของเสียง Triangle ก็มีในแอมป์หลอดได้
 ถ้าคุณกำลังตามหาสิ่งเดียวกับที่ผมเขียน เราจะเดินไปทางเส้นเดียวกัน
 ทางลัดที่ไม่ค่อยมีใครกล้าเดิน

แล้วคุณจะเข้าใจในสิ่งที่ผมพูด คุณจะทราบในสิ่งที่ผมตามหามานานแสนนาน

สำหรับผม ต้องทางลัดเส้นนี้:

Single-Ended Class A กับ Battery Bias ที่ Grid เท่านั้น

รัฐการ เทพภิบาล



ชื่อ

มนต์สรรค์ ไสธวิทย์

Email Address

smonsan@yahoo.com

บทความ

- | | |
|--|------------------|
| 1. Interstage Transformer | Issue Vol.1/No.2 |
| 2. Hi Efficiency Speaker for SE Amp | Issue Vol.1/No.2 |
| 3. Sound from Unfamiliar Tubes | Issue YB2002 |
| 4. The Lullaby, Non-Oversampling TDA1541A DAC | Issue YB2002 |
| 5. Non-Oversampling Digital Filterless Digital to Analog Converter | Issue YB2002 |
| 6. Basic Vacuum Tube Electronics | Issue YB2002 |
| 7. วันดวงจันทร์พิเศษ Capacitor Shoot Out | Issue YB2003 |
| 8. There're something about Clock & Reclock | Issue YB2003 |
| 9. Basic Vacuum Tube Electronics Part 2, Power Stage | Issue YB2004 |
| 10. DITC, DAC In The Chest My another version of Non-OS DAC | Issue YB2004 |
| 11. The Best, แบบเรียนสั้นบนหนทางยาวไกล | Issue YB2005 |
| 12. More Dynamic with VT-51 SE Amplifier | Issue YB2005 |
| 13. Basic Vacuum Tube Electronics Part 3, Class A2 | Issue YB2006 |
| 14. Balance Mode Non-Oversampling DAC | Issue YB2006 |
| 15. Direct Interpolation Digital to Analog Converter | Issue YB2006 |
| A. ปกหลัง DIY Journal | Issue YB2002-6 |

เกิดมาแล้วก็ดับไป ในที่สุดก็ถึงวันที่ *DIY Journal* จะยุติบทบาทของตัวเองลงบ้าง
ตอนที่เริ่มทำกับพี่กั้ง ก็ไม่คิดว่าจะอยู่มาได้ยาวนานขนาดนี้เลย
จากจุลสารเล็กๆ รายเดือน ทำกันเล่นๆ ด้วยเวลาว่างที่มี แล้วฝากเอาไว้กับ
Poj's Thai Audiophile Page จนเวลาว่างเริ่มน้อยลง ก็ยึดเวลาไปจนเป็นวารสารรายปี
ดีที่เพื่อน ๆ ยังสนับสนุนส่งบทความมาให้เสมอๆ จนวารสารกลายเป็นหนังสือที่มี
แต่สาระเกี่ยวกับ *Audio DIY* ล้วนๆ กว่า 100 หน้าต่อเล่มในทุกๆ ปี

ปีหน้าและปีต่อๆ ไป ผมก็คงระลึกถึงช่วงเวลาที่ได้ทำวารสารเล่มนี้กับทุกๆ คน
ก็ขอฝากความรู้-ความคิดใน *DIY Journal* ให้นำไปศึกษาต่อยอดกันไปไกลๆ นะครับ
มนต์สรรค์ ไสธวิทย์



ชื่อ

ประดิษฐา สิงหาราช

Email Address

sonorsotha@yahoo.com

บทความ

- | | |
|---|------------------|
| 1. Stepped Attenuator | Issue Vol.1/No.1 |
| 2. Digits Triode & Battery Tube | Issue Vol.1/No.1 |
| 3. Triode | Issue Vol.1/No.1 |
| 4. Audiophile Listening : Sound Stage, Depth, Image, etc. | Issue Vol.1/No.1 |
| 5. Watts is just a Number | Issue Vol.1/No.1 |
| 6. DIY News | Issue Vol.1/No.2 |
| 7. Low Watt 845 | Issue YB2002 |
| 8. Synergy SE Amp | Issue YB2002 |
| 9. Sound Practices หนังสือที่เป็นแรงบันดาลใจแก่ DIYer ทั่วโลก | Issue YB2004 |
| A. บทบรรณาธิการของ DIY Journal ทุกฉบับ (Preface) | All Issues |
| B. ปกหน้า DIY Journal ทุกฉบับ | All Issues |

"Never say Never again"

ประดิษฐา สิงหาราช



บทความ

ชื่อ ST Lim
 นามปากกา สันติ, ST
 Email Address dac_bonbon@yahoo.com

- | | |
|--|--------------|
| 1. Do It Your Mind | Issue YB2005 |
| 2. DIY You Own DAC Part1 | Issue YB2006 |
| 3. DIY You Own DAC Part 2 | Issue YB2006 |
| 4. Catch on to Classical by 211 Single-ended & Evell-F | Issue YB2006 |

ดีใจว้าย....เพื่อจะฟังเพลงในแบบที่เราอยากฟัง

ST Lim



บทความ

ชื่อ ด.ช. Music
 นามปากกา Akarapol C.
 Email Address Akarapol_c@hotmail.com

- | | |
|---|--------------|
| 1. มาแหวกแนวลองเล่น Active Filter and Open Baffle กันสักหน่อยไหม? | Issue YB2004 |
|---|--------------|

ในที่สุดวันลา ก็มาถึง คงเพราะหน้าที่การงานเรียกหา
 แต่ผมก็มั่นใจว่าไม่นานก็จะมียุคใหม่มาแทน
 เพราะ DIYER ลองแล้วติดและไม่มีวันตาย
 แล้วเจอกันผ่าน WEB นะครับ

Akarapol C.



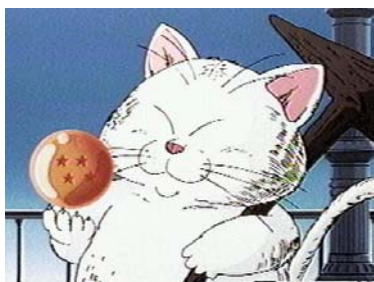
นามปากกา Nattawoot Aumkuer
Email Address map26_p28@hotmail.com

บทความ

- | | |
|--------------------------------|--------------|
| 1. "UFO" Un-Fashionable Object | Issue YB2005 |
| 2. Full Option Pre-Amplifier | Issue YB2006 |

See you later

Nattawoot Aumkuer



นามปากกา Karin Preeda
Email Address kpreeda1@yahoo.com

บทความ

- | | |
|---|--------------|
| 1. AMITY SV811, A Variation of Lynn Olson's AMITY | Issue YB2002 |
| 2. มาทำความเข้าใจกับ Impedance ในสายกันเถอะ | Issue YB2004 |



ชื่อ วิวัฒน์ โพธิ์นทีไท
Email Address pviwat@hotmail.com

บทความ

- | | |
|--|--------------|
| 1. Experimenter 47, My Learning by Doing Journey | Issue YB2003 |
| 2. Catch on to Classical by 211 Single-ended & Evell-F | Issue YB2006 |



ชื่อ ปณณวัฒน์ วัจจละกมล
 นามปากกา Pannawat Watchalakamol
 Pannawat W.
 Email Address watchal@yahoo.com

บทความ

- | | |
|---|--------------|
| 1. My First Amp, The 2A3 Single-End Amp | Issue YB2002 |
| 2. DIY Output Transformer (OPT) หม้อแปลงส่งออก | Issue YB2003 |
| 3. แท่นวาง CD DIY | Issue YB2004 |
| 4. Just my latest or last, it will be? Output Transformer | Issue YB2005 |
| 5. Finalize my OPT | Issue YB2006 |
-



ชื่อ สุรชัย เกิดเมฆ
 Email Address surachai26itd@yahoo.com

บทความ

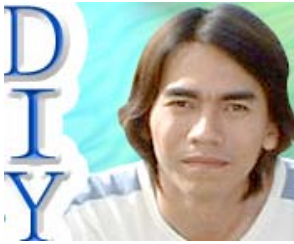
- | | |
|-------------------------------|--------------|
| 1. SRC Radio No. 1 | Issue YB2003 |
| 2. Rebuilt My First Valve Amp | Issue YB2004 |
-



ชื่อ เอมอานันท์ พงษ์ไพโรจน์
 Email Address emarnan@yahoo.com

บทความ

- | | |
|--|--------------|
| 1. DIY Head Amp OTL | Issue YB2004 |
| 2. The MOJO, VT-52 Single-Ended Triode Amplifier | Issue YB2004 |
-



บทความ

ชื่อ

พิษณุ แสงปรีชา

Email Address

saengpreecha@yahoo.com

1. Simple EL84 Single-Ended Amplifier

Issue YB2003



บทความ

นามปากกา

Sakorn S.

Email Address

designoptic@yahoo.com

1. The Three Tower

Issue YB2004



บทความ

นามปากกา

DIY Man

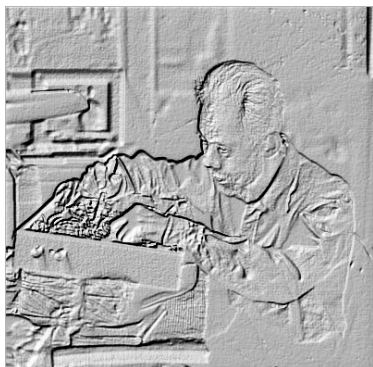
Email Address

amphol_ongrai@yahoo.com

1. DIY Experiment, The DHT Smooth
2. Simply Small Single Ended Amplifier, Just Verify Again "Watt is just a Number" อีกหนึ่งผลงานแอมป์กำลังมดสำหรับคนหลายใจ

Issue YB2004

Issue YB2005



บทความ

นามปากกา

มุ่มคนรักหลอด

Email Address

prapas_pas@yahoo.com

1. เราทำได้ SE 845 No.1 & No.2

Issue YB2005



บทความ

ชื่อ พาหุพล ไสภา
 Email Address pridehuhu@yahoo.com,
pridehuhu@hotmail.com

1. Termite, Phono Stage Issue YB2005
2. Thorny Amp, 801A Class A2 Experience Issue YB2006



บทความ

นามปากกา Tanawat Atichat
 Email Address puphup@hotmail.com

1. YAMy YAMy, The power amp of Yam Issue YB2005



บทความ

ชื่อ ศรัณย์ สุขหิรัญวัฒน์
 Email Address saranyo@hotmail.com

1. แผ่นคนละฝา The Dissimilar Twin Triode Issue YB2006

DIY JOURNAL YEARBOOK 2006