

הגל החדש – 4XBulletin



גיליון מס' 41, יולי 2023/7



חברי מועדון חובבי הרדיו 4X4HQ מת"א מבקרים בחוות המשדרים בפארק הכרמל

מה בגיליון:

חדשות חובבי הרדיו בארץ ובעולם.

על הכנס השנתי בפרידריכסהפן 2023.

שידורי טלוויזיה לחובבי רדיו.

מגבר הרדיו של דוהרטי.

המדור בשפה האנגלית ENGLISH CORNER ועוד...

תוכן העניינים:

- 3 - דבר העורך יולי 2023
- 5 - על עודד שרמר ז"ל
- 6 - כנס פרידריכסהפן, יוני 2023 חלק א'
- 11 - ATV - שידורי טלוויזיה לחובבים (חלק א')
- 14 - רשימת תדרים מעודכנת 2023
- 15 - סיור בתחנת השידור 'שלום' ביערות הכרמל
- 17 - אר"ל - ארגון רדיו לסיוע
- 19 - The English-language section, July 2023
- 22 - עיבוד אותות – 1.1
- 28 - מגבר הרדיו של דוהרטי

משתתפים בגיליון זה:

פרופ' עלי לוי	
צביקה גרינברג	
דניאל רוזן	4X1SK
שפיר לאוניד	4Z4LS
ד"ר איל רסקין	4X1RE
דורון אביב	4X1ZX
טים סקרימשואו	4X1ST
דבי דביר	4Z5DZ

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אוברהנד 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון.
המאמרים אשר לא צויין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך.

חברי מערכת: דר' איל רסקין 4X1RE וטים סקרימשואו 4X1ST.

תודה לצביקה סגל 4Z1ZV ועדו רוזמן 4X6UB על תרומתם המקצועית.

לקריאת גיליון זה וגם את קודמיו ניתן להיכנס לאתר: <https://4xbulletin.org/>

כתובת המערכת לתגובות, בקשות ומשלוח מאמרים: 4xbulletin@gmail.com

שימוש בתמונות לפי חוק זכויות יוצרים 27א'. עיתון זה נכתב ונערך בהתנדבות עבור חובבי רדיו שלא למטרות רווח, יש אפשרות לפרסם קטעים ממנו במקומות אחרים בתיאום עם המערכת. כתובת המערכת: "הוצאת אחוזה-חיפה", ת.ד. 3773, חיפה 3103701
הערה: המאמרים המופיעים בגיליון זה הם באחריות הכותבים בלבד



דבר העורך יולי 2023

מאת: נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM

שלום לכם חברים יקרים !

א. הגענו לגיליון מספר 41. מי היה מאמין שחלפו כבר 3 שנים למן היוסדו של העיתון שלנו, והופעתו מדי חודש בחודשו. לאחרונה פניתי לחובבים אחדים בבקשה שיכתבו את חוויותיהם, וכן מאמרים קצרים על אירועים מעניינים שהתרחשו אצלם בשנות פעילותם בתור חובבי רדיו. חלקם הרימו את הכפפה ונענו לאתגר, אך אני שוב חוזר על בקשתי – אנא, כתבו, גם אם נדמה לכם שהטקסט המתקבל אינו מדויק די הצורך. אגלה לכם כי כל מה שאני כותב, וכן גם הכותבים האחרים, עובר הגהה ותיקון לשוני על ידי ה-XYL שלי, יעל המוכשרת. ניסיתי לבדוק מהו מספרם של אלה שכתבו לנו, והתברר שמדובר בלא פחות מ-40 חובבים בארץ ובעולם, מספר זה מהווה כמעט 10 אחוזים ממספרם של חברי האגודה. העיתון שלנו מופץ אל כ-1,400 כתובות מייל, גם בחו"ל. כמו כן, קיים אתר אינטרנט שכתובתו: ובו ניתן למצוא את כל הגיליונות שיצאו עד כה לאור, החל מהראשון שבהם. בגיליון החודש מופיע חומר טכני רב, סיפורים אישיים שונים, וגולת הכותרת היא תיאורו של הכנס השנתי בפרידריכסהאפן.

ב. הסתיים בהצלחה הכנס HAM-RADIO 2023, שהתקיים כמדי שנה בפרידריכסהאפן שעל שפת אגם קונסטנץ. בכנס השנה השתתפו למעלה מ-11 אלף חובבים מ-45 ארצות, הוצבו בו 450 דוכני מכירות של ציוד משומש, כן הוצג מיטב הציוד המודרני אשר מיוצר כיום בעולם לשימוש חובבי הרדיו. כמו כן בו ביתנים של האגודות הגדולות של אירופה וגם של כמה ארצות מחוצה לה. התקיימו הרצאות מעניינות בגרמנית ובאנגלית. גם לנו היה דוכן גדול ויפה ובו התקיימו מפגשי חובבים ישראלים עם חובבים יהודים ואחרים מכל העולם. הדוכן הישראלי היה אחד הפעילים והמוצלחים הכנס. אל הדוכן שלנו הגיעו ראשי הארגונים הגדולים IARU, DARC ונוצרו בו קשרים ישירים את האגודה שלנו כבר בעתיד הקרוב. למעלה מ-30 חובבים ישראלים השתתפו בכנס השנה. כבר נקבע תאריך לכנס הבא: 28-30 ליוני 2024.



ג. WRTC 2022 כנס חובבי רדיו בינלאומי יערך בין 5 עד 10 ליוני 2023 באזור בולוניה באיטליה, ויכלול אולימפיאדה/תחרות של חובבי רדיו הנקראת "רדיו-ספורט" בה ישתתפו 67 נבחרות מכל אזורי העולם. מלבד זאת יהיה לחובבים הרבים המשתתפים בכנס הזדמנות ליהנות ולטייל באזור "אמיליה-רומנה" היפה. גם ישראל משתתפת:

דוב 4z4dx ורוסלן 4z5la הוזמנו לתחרות כשופטים בינלאומיים. צביקה 4x6fr ומשה 4x1dx מתכוונים להתחרות באולימפיאדה, צורי 4z1rz ודוד 4x1wh יהיו אורחי האולימפיאדה. נאחל לנבחרת הישראלית שלנו בהצלחה וגם הנאה רבה באיטליה היפה. נמסר ע"י דב גביש

ד. דניאל רוזן 4X1SK מוסר על פרסומים חדשים בעמותת חיל הקשר.
 על מפתחות המורס מהאוסף של נשיא האגודה לשעבר, אמנון בר גיורא ז"ל 4X1DF
http://amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/bar-giyora.pdf
https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Rosenne_Key_Collection_1.0.pdf

ה. על שינויים בבריטניה בה ישנם כ-100,000 בעלי רישיונות לחובבות הרדיו. ישנה הערכה רבה לפעילותם של החובבים המשקיעים זמן בלימוד ושימוש בטכנולוגיות חדישות, ועתה, מתוכננים שינויים במבנה המבחנים.

הכוונה היא להסיר מגבלות בירוקרטיות, לפשט, לאפשר יותר בניה עצמית וניסויים, לאפשר שידור בהספק גבוה בתחומי תדרים שעד עתה היו מוגבלים. ומתי אצלנו?

ו. הערה שהתקבלה בעקבות הסיפור על מפעל "ראן" בגיליון האחרון מס' 40:

ז. בהמשך למאמר על מפעל הסוללות "ראן" בגיליון יוני, לא סופר על הקשר בין מפעל "ראן" לחובבי הרדיו.

בנם של שושנה ויוסף אייזנשטדט, מקימי "ראן" (ה "א" ב ראן זה אייזנשטדט). שעברתו את שם משפחתם ל ארדון. הוא מני (מנחם) (אייזנשטדט) ארדון, שמתגורר בסמוך לשיקגו אילינוי, בארה"ב, מהנדס אלקטרוניקה, למיטב זכרוני עבד במעבדות חברת "Bell"

בעל אות הקריאה WB9ONJ. מני היה פעיל ב HF עד לפני כמה שנים. אמור כיום להיות כבן 86.

בברכה, 73, אהוד זגר, 4Z4UR. במידע דומה התקבל גם מחיליק פולג 4X4OE.

ח. המפגש הקרוב של "האקדמיה לחובבי הרדיו" יתקיים ב-6/7/23 מרצה: משה אינגר 4Z1PF:



הרצאה 15 במסגרת האקדמיה
המרצה: משה אינגר 4Z1PF
נושא ההרצאה: מבוא לדיאגרמת סמית

- ☐ חזרה על המפגש הקודם
- ☐ הגדרת מושגים כמו יג"ע ומקדם החזרה
- ☐ מבנה הדיאגרמה: קווים שווי התנגדות, קווים שווי היגב, אורכי גל, זוויות ועוד.
- ☐ דוגמאות ותרגול עצמי
- ☐ נא להביא כלי כתיבה כולל סרגל ומחוגה (למי שיש).

כולם מזמנים, חובבים וחובבים שבדרך.

מתי? יום חמישי 6 ביולי שעה 18:00
 היכן? מרכז למדעים בהרצליה



על עודד שרמר ז"ל

בחודש יוני 2023 הלך לעולמו חברנו עודד שרמר SK 4X4SO שהיה איש האקדמיה ובו זמנית חובב רדיו נלהב.

הוא תרם רבות לאגודת חובבי הרדיו בכתיבת מאמרים בנושא טכני וערך לפני כ-50 שנה סדרה של שלושה ספרים בשם "החובב הצעיר" - אלקטרוניקה פופולרית לנוער החובב, השתתפו בכתיבה גם יחיאל אגמון, (4X4LI) **יאיר בורלא**, (4X4BO) ו**יהודה פרדיס**. בכל כרך הופיעו מאמרים בנושאי בניית ציוד רדיו וכו'... יהיה זכרו ברוך.



כרטיס ה-QSL של עודד שרמר ז"ל



כנס פרידריכסהפן, 23-25 ביוני 2023 חלק א'

מאת: נפתלי בלבן-אוברהנד 4Z1RM



בכנס השנה היה לנו, (IARC), דוכן גדול ומרשים. על הקירות היו פוסטרים גדולים המתארים את הפעילות שלנו בארץ. היו שלושה שולחנות ומסביבם כסאות, והייתה נקודת חלוקה של תמרים, באדיבותו של אהרון סולימה 4X6AS. התכבדנו גם ביין מרלו משובח, וכמובן מים מינרליים מהרי האלפים.



אהרון קירשנר ז"ל 4X4AT בכנס

לפני שנים רבות הנציג שלנו לתערוכה הזו היה היו"ר אהרון קירשנר SK 4X4AT. הוא היה מסתובב בכיסא גלגלים בין הדוכנים הרבים בתערוכה, וחבריו באגודה המקומית, ה-DARC, אמרו לו שבמקום להסתובב בין דוכנים, עדיף שיקים דוכן ישראלי, וכך היה. מדי שנה נמצאו חובבים אשר הגיעו בהתנדבות להפעיל את הדוכן הישראלי.

ביום חמישי בשבוע לפני תחילת הכנס לפרידריכסהפן למשך ארבעה ימים, כדי להקים את הדוכן שלנו, למחרת יום שישי, לפתוח את התערוכה ב-9:00 בבוקר ולהמשיך לנהל את המקום עד יום ראשון אחרי הצהריים. לאחר סגירת התערוכה, לקפל את הצידור הרב ולהחזירו לארץ. האם ניתן לומר שהדוכן שלנו בתערוכה היה מוצלח,

והאם יש טעם להשקיע מאמצים וכסף על מנת להשתתף בתערוכה בינלאומית? ברצוני לציין שלאחר כ-10 ביקוריי במקום בשנים עברו, אפשר לומר שבהשוואה לדוכנים של ארצות אחרות, אנחנו ממש מצטיינים. ישנם דוכנים של ארצות נוספות, הגדולות בהרבה מישראל. וישנם דוכנים שלהם מעט מבקרים. בדוכן הישראלי הכול מתנהל כמקרה. מגיעים אליו ללא הפסקה

אנשים מארצות רבות, כולם שמחים, ישנם לחיצות ידיים רבות ואף חיבוקים. הגיעו אלינו פקידים בכירים מהנהלת IARC, וכן נשיא DARC, כריסטיאן אנטספלנר DL3MBG הידיוותי. הכי מרגש היה לפגוש את בני עמנו החיים בגולה, כאשר כל אחד מהם התנהג כאילו שהוא בן משפחה שלנו. ריגש אותי במיוחד בחור בשם יואכים, שאימו יהודייה, והוא מרגיש את עצמו יהודי, וציין שהוא שמח על כך, וכאשר ייצא לגמלאות ירצה לחיות בישראל. ישראל נמצאת על המפה, ועליה להישאר כך, ואם כי בשל התחביב שלנו אנו נמצאים ללא הפסק על האוויר, אין תחליף לקשר האישי הישיר. ברצוני להודות לאלה שתמכו כה רבות להצלחת האירוע הבינלאומי החשוב עבור העולם, וגם עבורנו.



מימין יו"ר IARC דני 4Z5SL, איל 4X1RE ונשיא DARC כריסטיאן DL3MBG

פגישתי עם פליטים מאוקראינה הייתה אירוע מרגש מאוד עבורי. פגשתי אדם שנראה לגמרי יגודי (יהודי), שסיפר שהוא מהעיר מריופול. לפני כשנה הרוסים כבשו את העיר וגרמו בה להרס רב. כאשר ביתו נהרס בהפצצה, הוא ברח לפולין, שם התקבל בשמחה רבה. לאחר חודשים אחדים נמאסה עליו הקרטופלנקה (מרק תפוחי אדמה פולני), והוא עבר לעיר הנובר בגרמניה, שם מאוד טוב לו. כולם עוזרים לו: נציגי העירייה, וגם שכניו לדירה אותה שכר. בינתיים התברר שהרוסים שיפצו את ביתו ההרוס אשר במריופול, התקינו חלונות חדשים ודלתות חדשות, והעבירו לו מסר שאם הוא יחזור למריופול, יוכל לחזור לדירתו המשופצת. ("המפתחות בפנים"). אולם, ידידנו האוקראיני החליט שלא לחזור למולדתו, אלא אם יהיה בה שלטון אוקראיני ולא רוסי.



מימין, רוסלן 4Z5LA לידו הפליט ממריופול עם חברים מאוקראינה (יושב, נפתלי 4Z1RM)

פגישתי עם אווה, החובבת הצ'כית - שוויצרית שהעניקה לנו מאמרים מפרי עטה. לפני נסיעתי לפרידריכסהאפן אווה כתבה לי שאם אגיע, היא תביא לי מתנה. השבתי שאכן אני מתכוון להגיע. בהמשך שלחה לי תמונה של המתנה – אולר שוויצרי בעל 10 פונקציות, שהחשובות שבהן עבורי הינן חולץ הפקקים והמברג. ביום הראשון של התערוכה הגעתי בסביבות 11:00. ניגשתי לדוכן של SOTA, והנה הבחנתי באוה ובעלה במרחק של שני מטר ממני, כשהם מלטפים כלב "בלונדי" ענק.

מסרתי לאוה את המתנה שקניתי עבורה בסטימצקי (אלא מה?) – "חמסה" נוצצת וספר תמונות של הכותל המערבי. נראה היה לי שהיא אינה מזהה אותי. היא לקחה את המתנה ושאלה: "האולר שנתתי לך מוצא חן בעיניך?" השבתי בחיוב. לאחר זמן מה היא שוב שאלה האם האולר יפה. חשבתי לעצמי – יפה יפה, אך היכן הוא?

התברר שאוה הגיעה לפניי לדוכן הישראלי, ופגשה שם חובב רדיו אחר. היא חשבה שזה אני, ומסרה לו את האולר. (שמו שמור במערכת...) לבסוף אמרתי לאוה בפירוש – "את שואלת האם המתנה יפה, אך היכן היא?" ואז היא ניגשה לבחור, הצביעה עליו ואמרה: "אצלו האולר!"



האולר ה"אבוד"

ההוא, מרוב התרגשות החל לפשפש בכליו ו"לא מצא". לבסוף שלף את האולר המיועד לי שהיה חבוי מתחת לדוכן שלו... הייתה כאן מעין אי הבנה, אך עכשיו נמצא ברשותי אולר של הצבא השוויצרי, ואני מוכן לגמרי ליום השדה הבא.



נפתלי 4Z1RM רוסלן 4Z5LA ואווה HB9FPM בדוכן הישראלי

פגישתי עם הראלד ואליס: מדובר בזוג נחמד מגרמניה, אשר הקדישו 10 שנים מחייהם לעבודה באפריקה בבורקינה פאסו. הם היוו צוות שעזר למקומיים לאחר מלחמת האזרחים במקום.



הראלד DF2WO/XT2AW הוא מכונאי מוכשר במקצועו, ייסד באפריקה בית ספר למכונאות רכב, ותוך חצי שנה בלבד הצליח להכשיר מכונאים מיומנים. אותם צעירים שהיו תלמידיו אהבו מאוד את הראלד ואשתו, ואף הגנו עליהם בפני חיילים מורדים חמושים שבאו להתקיפם. התלמידים הקיפו את הראלד ואשתו, והגנו עליהם בגופם. הוא סיפר שהיה משדר מהבקתה שלו באמצעות אנטנה ארוכה (LONGWIRE), ופעם הבחין בכך שהחוט מתנדנד, וקוף יושב על האנטנה. כאשר הראלד החל לשדר, הקוף החל לרקד, ושערוותיו סמרו. עד מהרה הקוף נמלט, וה-QSO נמשך כרגיל.

מידע נוסף על הראלד, בגיליון ינואר 2022 של ה-4xBulletin



בתערוכה התקיימו ימי עיון
והרצאות באולמות גדולים
ונכחו בהם משתתפים רבים.
רובם היו בשפה הגרמנית, אך
חלק היו גם באנגלית. הרצאה
מיוחדת במינה עסקה
בהיסטוריה של האניגמה.
מסתבר שחלפו יותר ממאה
שנים להמצאה הזו, ועדיין
מתגלים סיפורים חדשים על
מכונת הקידוד, אימת מוסדות
הביון של בריטניה ושותפיה
במלחמת העולם השנייה. כיום

חובבי האניגמה אוספים את המכונות בעלות גלגלי השיניים והמעגלים
הגרמנית שהומצאה לפני כ-100 שנה
החשמליים הרבים ומשפצים אותם.

מסתבר שהאניגמה לא יצאה מכלל שימוש ב-1945. המשיכו להשתמש בה כ-20 שנה נוספות,
וייצרו אותה ברוסיה, פולין, צ'כוסלובקיה והונגריה. אחד המרצים בכנס ציין שהוא וחבריו
מצאו שכלול מצוין למכונה הענתיקה הזו, והתפלאו שהגרמנים באותה תקופה לא ידעו לשכלל
אותה.

ובארץ? עם קום המדינה הגיעו אליה מכונות מעין אלה, אך היו כאלה ששכנעו את דוד בן גוריון
שהן אינן כשרות! (נישט כשר) וזרקו אותן.

* * *

ATV - שידורי טלוויזיה לחובבים (חלק א')

. מאת שפיר לאוניד, 4Z4LS

שידורי טלוויזיה לחובבים, הוא תחום שקצת נשכח בארץ. אף שלפני שנים רבות, היו חובבים שהפעילו SSTV. האחרון גם לא היה מספיק פופולארי בין קהל חובבים, אך קשרים היו, והשתמשו באפליקציות שונות למטרה זו.

השוני בין ATV ל- SSTV הוא שב-ATV ניתן לשדר שידור חי ומלא ולא רק תמונה קפואה של שקופית בערוץ.

מצאתי כי בחו"ל ישנם חובבי הרדיו שמתמשים בציוד מסחרי, ורבים אף בונים ציוד לשידור וקליטה של ATV

הערה: לחובבים באירופה ואמריקאים משתמשים בתחומי תדרים שונים מאשר בישראל. לכן מאמר זה מתבסס על סוגי שידור ואפנון שבהם ניתן לעסוק בארץ.

מדובר כאן על תחום אנלוגי בלבד שבעזרתו ניתן להעביר את חוזי והשמע בשידור חי, ובכך ליצור התקשרות ולדבר/לצפות בזמן אמת בעזרת ציוד שיאפשר זאת.

אות התמונה מועבר באפנון FM אשר מאפשר איכות גבוהה של תמונה, בניגוד לשידורי תמונה ב-HF ב-SSTV.

כך גם אות השמע הוא רחב סרט והתקשורת דומה מאוד לתחום שידורי הטלוויזיה הלוויינית, ולכן ניתן להשתמש ברכיבי ציוד מסחרי אנלוגי ע"י הכנסת בו שינויים מסוימים או לבנות את הציוד בשיטת "עשה זאת בעצמך".

בתחילה יש לשים לב לתחום התדרים שבהם אפשר להשתמש בישראל. מצ"ב רשימת תדרים לאזור שלנו.

קישור לטבלת תדרים מלאה: VHF.Bandplan.xls (iaru-r1.org)

מכוון שהשידור כמו גם הקליטה הם בעלי רוחב הפס של 6.5 מגהרץ לפחות, מומלץ על תדרים "ללא הגבלת רוחב הפס" לאותו התחום.

ובכך באורך הגל של 13 ס"מ יש לרשותנו 3 תחומים בעלי רוחב פס מתאים:



IARU Region 1 UHF band plan

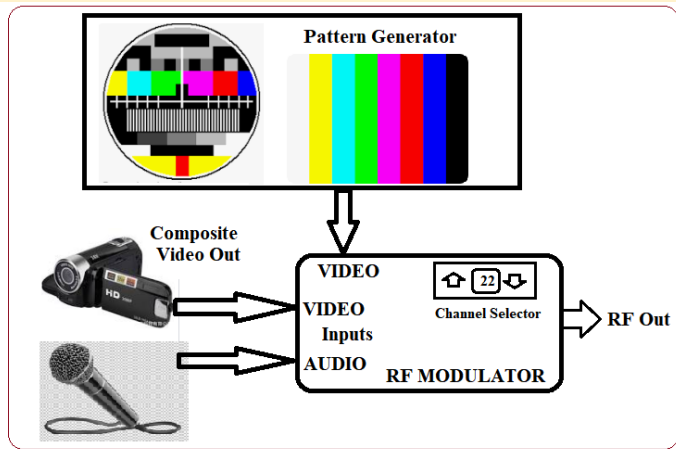
Effective December 2020 (VGC - Novi Sad)

edited by ON4AVJ (18/03/2020)

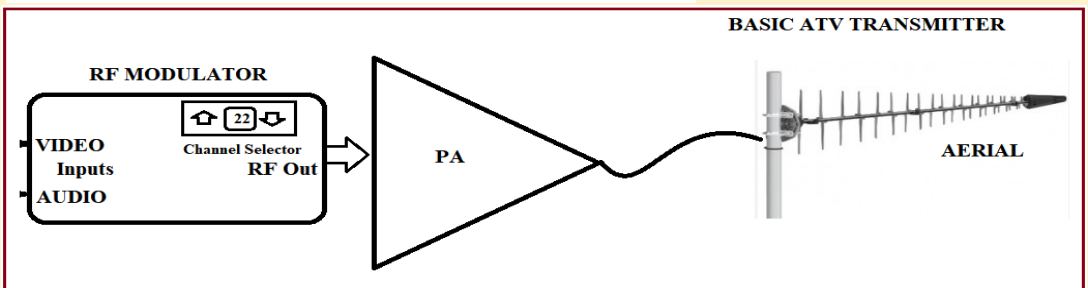
	FREQUENCY SEGMENT (MHz)	MAX BANDWIDTH (Hz)	PREFERRED MODE AND USAGE	
2300 - 2450 MHz	2320,800 - 2321,000		MGM & Telegraphy	Beacons exclusive
	2321,000 - 2322,000	20 KHz	FM / Digital Voice	Voice simplex and repeaters
	2322,000 - 2400,000	none	all modes	2322.000-2355.000 ATV 2355.000-2365.000 Digital communications 2365.000-2370.000 Repeaters 2370.000-2392.000 ATV 2392.000-2400.000 Digital communications
	2400,000 - 2450,000		amateu satellite service	2400 - 2402 Narrow band segment in countries where the 2320-2322 segment is not available 2427.00 - 2443.00 ATV if no satellite uses this segment

2322~2355 MHZ ==> BW=33MHz
 2370~2392 MHZ ==> BW=22MHz
 2427~2443 MHZ ==> BW=16MHz

תדר ביניים בציווד סטנדרטי בד"כ 479.5 מה"צ ותדר שמע 6.0~6.5 מה"צ. תדרי ביניים בסוגי ציווד שונים היו גם 612 מה"ץ וגם 70 מה"ץ (לרוב במקלטים אמריקאים עקב תדרי מסנני ה-SAW).

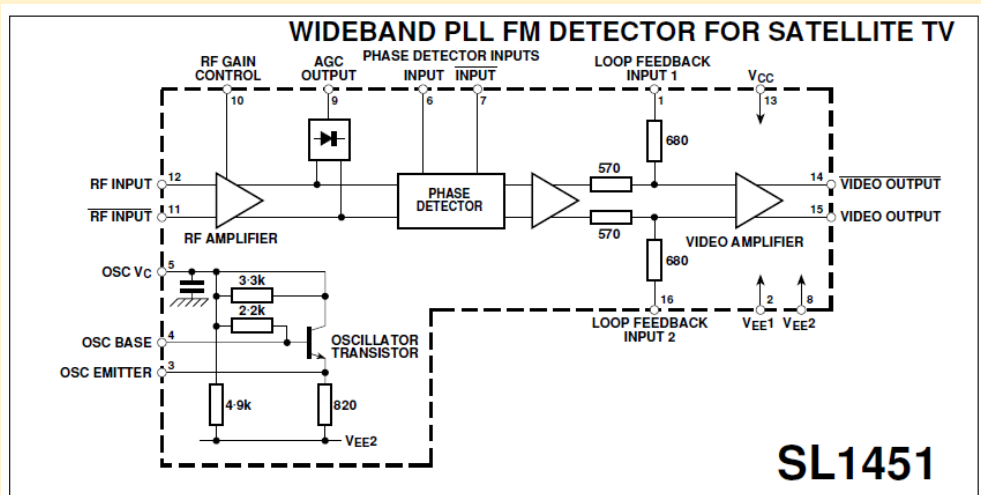


מבנה בסיסי של המשדר בלבד.



בדיאגרמות בלוקים של משדר ATV בסיסי ניתן לראות, כי המשדר מהווה אפנן שבכניסתו ישנם מקורות של חוזי ושמע. אותות אלה מומרים לתדר גבוה בעזרת ממיר - RF Modulator בהמשך אות ה-RF מוגבר ומועבר לאנטנת שידור.

מערך הקליטה הוא מורכב יותר ממערך שידור, כיוון שפרט להמרות תדר מתחום הקליטה לאות חוזי ושמע דרוש גם FM Demodulator או במילים אחרות ממיר בין תדר RF ל-Base Band. למעשה אלה מרכיבים בסיסיים של אותות השמע וחוזי. יצרנים שונים פיתחו ציווד לקליטת שידורי לוויין ביניהם חברות כמו GEC Plessey או Anadigics שיצרו רכיבי FM Demodulator לתדרים ממש גבוהים עד 1000 מה"צ.



מבנה פנימי של אחד הרכיבים מהסוג FM DEMODULATOR לתחום קליטת לוויינים.

כאמור, מערך הקליטה יותר מורכב ממערך שידור ובדומה לכל מקלט FM הוא כולל דרגות המרות תדרים במבוא אשר לאחריו באים Limiter ו- FM Demodulator שבמוצאו נוצר אות Baseband.

בדומה למקלטי FM יש צורך להפריד בין אות חוזי ושמע, לכן משתמשים בשני מסננים – HPF המאפשרים להעביר את אות השמע ו-LPF שדרכו יעבור אות חוזי. את אות חוזי יהיה צורך להגביר וגם להפיק בקיטוב Positive או Negative.

במקלטי לוויין אות החוזי בתחום הקליטה C-Band מועבר בקיטוב Negative, וב- Ku-Band בקיטוב Positive.

לכידת אות שמע מתוך Baseband בד"כ נעשה ע"י רכיב PLL המאפשר כיוון תדר שמע בתחום 5~8 MHz. במוצאו של Baseband יש הפרדה בעזרת 2 פילטרים. בערוץ חוזי זהו מסנן De-Emphasis והוא LPF. בערוץ שמע נמצא מסנן HPF, כי תדרי שמע נמצאים מעל אות החוזי. המשך יבוא.



ציוד ATV כפי שהוצג בכנס פרידריכסהפן 2023

רשימת תדרים לחובבי הרדיו בישראל

רשימת תדרים מעודכנת 2023, (הובא ע"י טים סקרימשואו 4X1ST)



תנאי הועדה והקצאה של פסי תדרים לשימוש חובב רדיו בארץ

סמל	כימ (אורך גל)	פסי תדרים	מעמד	הספק [Watt]			אופן שידור	הערות והנחיות נוספות
				דרגה א'	דרגה ב'	דרגה ג'		
ת"ג HF	160 מ'	1810 עד 1850 קה"ץ	ראשי	1500	250	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	
		1850 עד 2000 קה"ץ	משני	10	10	לא לשימוש	מורס/נתונים/חדרפס	
	80 מ'	3500 עד 3800 קה"ץ	משני	1500	250	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	
	60 מ'	5351.5 עד 5366.5 קה"ץ	משני	25	25	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תנאי ההועדה וההקצאה ותנאי ההפעלה מפורטים בנספח ב'
	40 מ'	7000 עד 7100 קה"ץ	ראשי	1500	250	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	30 מ'	10100 עד 10150 קה"ץ	משני	1000	250	לא לשימוש	מורס/נתונים/חדרפס	גלובלי
	20 מ'	14000 עד 14120 קה"ץ	ראשי	1500	250	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	17 מ'	18068 עד 18168 קה"ץ	משני	1000	250	לא לשימוש	מורס/נתונים/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	15 מ'	21000 עד 21150 קה"ץ	ראשי	1500	250	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	12 מ'	24890 עד 24990 קה"ץ	משני	1000	250	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	10 מ'	28000 עד 28500 קה"ץ	ראשי	1500	250	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	6 מ'	50.4 עד 50 קה"ץ	משני	25	25	25	מורס/נתונים/חדרפס	רוחב סרט עד 0.25 מה"ץ
	4 מ'	70.5 עד 70 קה"ץ	משני	100	100	100	מורס/נתונים/חדרפס	
	2 מ'	144 עד 146 קה"ץ	ראשי	250/1000	150	25	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	70 ס"מ	430 עד 440 קה"ץ	משני	250	150	25	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	טלמטריה ותקשורת לוויינים
תא"ג UHF	23 ס"מ	1260 עד 1270 קה"ץ	משני	25	לא לשימוש	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תקש"ל בלבד
	13 ס"מ	2320 עד 2400 קה"ץ	משני	100	100	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	רוחב סרט 10 קה"ץ בלבד
		2400 עד 2402 קה"ץ	משני	100	100	100	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תקש"ל בלבד
		2402 עד 2450 קה"ץ	משני	0.1	0.1	0.1	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תקש"ל בלבד
SHF	5 ס"מ	5650 עד 5670 קה"ץ	משני	50	לא לשימוש	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תקש"ל בלבד (UL)
		5830 עד 5850 קה"ץ	משני	0.2	לא לשימוש	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	רוחב סרט 5 קה"ץ
		10.45 עד 10 קה"ץ	משני	0.1	לא לשימוש	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	צלחת בין 60 ל- 120 ס"מ
	3 ס"מ	10.45 עד 10.5 קה"ץ	משני	100	25	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	תקש"ל בלבד
EHF	1.2 ס"מ	24.05 עד 24.25 קה"ץ	משני	100	100	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	צלחת בין 60 ל- 120 ס"מ
	6 מ"מ	47.2 עד 47 קה"ץ	ראשי	100	100	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	4 מ"מ	77.5 עד 81 קה"ץ	ראשי	100	100	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל
	1 מ"מ	241 עד 248 קה"ץ	ראשי	100	100	לא לשימוש	מורס/נתונים/אתר/חדרפס	גלובלי, בנספח ג' ללא תקש"ל

פסי התדרים בטבלה מיועדים לשימוש קשר בין חובבי רדיו בהתאם למגדר בטבלה ואינם מיועדים לשימוש אחר כגון ערוך גל".
קשר דיבור לשימוש חובב רדיו באמצעות תקשורת לוויינית מתותר אך ורק היכן שמצוין בטבלה "בנספח ג' ללא תקש"ל".

בהתאם להחלטת ועדת התדרים מס' 05.2020 מיום 18/10/2020 (סימוכין: 2020-382647-05000), ועדת התדרים הועדה והקצאה את פסי התדרים בטבלה שלעיל (הטבלה האמורה מופיעה גם בנספח ג' לרישון) לשימוש חובב רדיו מוסמך של משרד התקשורת.
תוקף ההועדה וההקצאה הינו עד ליום 18.10.2035 או עד שיחולל אחרת ע"י ועדת תדרים (באחריות חובב הרדיו בעל רישון המשרד להתערוך מעת לעת בדף השירות של חובב רדיו באתר משרד התקשורת <https://www.gov.il/he/service/radio-amateurs-certificates>).



סיור בתחנת השידור 'שלום' והפעלת רדיו ביערות הכרמל

מאת דורון אביב, 4X1ZX

בגלגול הנוכחי של המועדון חובבי הרדיו 4X4HQ הממוקם בביה"ס עירוני ד' בתל אביב, יש כשישים תלמידים הלוקחים חלק בשלוש קבוצות לימוד. כל התלמידים הם ממסלול "המחוננים" והעתודה המדעית הטכנולוגית והם מגיעים ללמוד מרצונם, אחרי שעות הלימוד הפורמליות, ללא שמובטח להם קרדיט כלשהו בשל כך.

יש לנו תחנה מתקדמת מבחינת הציוד, רובו ככולו התקבל כתרומות. בכוונתנו להתקין (לאחר שנקבל את אישור לכך מטעם עיריית תל אביב), תורן עם אנטנה כיוונית ומנוע המסובב אותה. ב-14/6/2023 יצאו חלק מחברי מועדון חובבי הרדיו של ביה"ס לטיול ופעילות שטח מיוחדת. התחנה הראשונה בטיול הייתה ביקור בתחנת השידור המרשימה 'שלום' של חברת בזק ביערות הכרמל, מהתחנה הממוקמת בנקודה גבוהה ביותר בשטח, משודרים לאזור הצפון שידורי רדיו ב- FM וכן טלוויזיה (עידן פלוס). סיירנו באולמות בהם מותקנים המשרדים וקיבלנו הסברים לגבי המקום.

בהמשך התמקמנו בחניון יום "פארק כלניות". הוקמו שתי תחנות עצמאיות הפועלות על מצברים, בתחום ה-HF אשר אפשרו לנו להתקשר עם תחנות חובבי רדיו מאירופה, כל זה כשלנגד עיני המפעילים נשקף נוף מרהיב.

בהמשך הגיעו אלינו לביקור ישראל לביא, 4X1UF ונפתלי בלבן-אוברנהנד, 4Z1RM, שדיברו אל הנוער וסיפרו להם על עלילותיהם בתחביב. אמנם הייתה זאת הפעלה של כמה שעות בלבד, אך היא הותירה לנו "טעם של עוד".

לקריאה נוספת:

מאמר (מתוך הספר "שישים שנות חובבות" על המועדון בין השנים 1983 – 1991 :

<https://bit.ly/3NugRc8>

אתר המועדון : <https://www.4x4hq.club/about-us>





נערות ונערים בשידורי שדה



החלק החשוב ביותר – הנוער מקים אנטנות יעילות



אר"ל - ארגון רדיו לסיוע

מאת: דבי דביר 4Z5DZ

אי אז בראשית שנות ה-90 נשמעה דפיקה בדלת ביתי. בחור צעיר הציג בפני ארגון שהוא ייסד- אר"ל ומטרתו לסייע לאנשים עיוורים לקבל אות קריאה כחובבי רדיו ולהקים מועדון מיוחד עבורם. שמו ליאור לוי 4Z1LL.

הצטרפתי אליו לאתגר. כמו כן הצטרפו מספר חובבים יקרים מנתניה, כמו חיים מ"בזק", רחל בוגומולסקי SK וחיים קנטור יבל"א ועוד כמה חברים שלצערי נשכח ממני שמם אך לא פועלם המבורך.

מדי שבוע התכנסנו במועדון לעיוור בנתניה, לשם הגיעו מספר חובבים כבדי ראייה מבוגרים וצעירה בת 12 לערך ושמה דניאלה. הם למדו את שפת המורס CW ותיאוריה בתורת הרדיו ונוהלי קשר וחלקם אף עברו את המבחנים וקבלו דרגה ב' ואחרים קיבלו דרגה ג'. החובבים היו פעילים על הממסרים, השתתפו בימי שדה ובאסיפות השנתיות של אגודת חובבי הרדיו בישראל.

לדניאלה הצעירה מסרתי מקמ"ש Yaesu FT-756 והיא הייתה פעילה גם ב-HF. עם הזמן הורחבה הפעילות והוקם מועדון חובבי רדיו 4X4EQ במעון לנכים צעירים בנתניה, והשתתפו בו וגם חברים עם נכות קשה מאוד, דבר שלא מנע מהם להתלהב בנחישות, ולהקפיד ולעלות ולשדר דרך הממסר בכל מוצ"ש.

חובבי הרדיו 4Z5NB, ואחרים מנתניה התמידו בליווי החניכים בכל מוצ"ש. עם הזמן היו חובבים קבועים ביניהם אברהם סלע 4Z1HZ וכן ליאופולד 4X6PO ז"ל (שתחנתו נתרמה למועדון) וכמובן 4Z5DGG יוסי היקר, שהקפידו לעלות לאוויר ולשדר מול המועדון בקביעות. כמה מילים לשבחיו של הזים ליאור 4Z1LL שהיה קצין צעיר בצבא הקבע כשהקים את העמותה. בנוסף הוא גם יזם פעילויות בהתנדבות רבות למען המבוגרים במועדון כגון שיפוץ בתים לקראת הפסח. בתחילה ליאור נתקל ביחס קריר מצד אגודת חובבי הרדיו, שכנראה חששו ממתחרים. הרעיון של ליאור נבע בין היתר, מהכוונה לשמר את תדרי הרדיו לטובת חובבי הרדיו וגם לנכים שבהם...

התחנה כללה גם אנטנת יאגי 3 אלמנטים שהביא בנצי 4X1IL מתחנת 4X4HF בחיפה. המיקום השקט והאנטנה היעילה נתנה הזדמנות לחובבים נוספים מהאזור להפעיל את התחנה בתחרויות בינלאומיות.

לאחר 12 שנים של פעילות רציפה, התחנה נסגרה וזאת על פי בקשת הנהלת המוסד. הציוד הועבר לשלמה 4Z5KW חובב כבד ראייה, שהיה פעיל מאוד ואף ניגן במסיבות שאלו NB ארגן במועדון.

החשוב מכל היא תחושת האושר העילאית (לעיתים עד כדי דמעות) שהחובב המדריך התורן חש בתום ערב פעילות עם קבוצת הנכים. "יותר מאשר תרמת- קיבלת!"



חברי מועדון חובבי הרדיו 4X4EQ בנתניה (צילום אלי שחק 4Z15NB)



Welcome to the English-language section for July 2023

Tim Scrimshaw 4X1ST

As the vacation season begins, we share some tips for hams visiting Israel. Now is a great time to experience ham radio in the great outdoors, and we have some photos from a recent portable op. And as always, we check out the contest scene for the coming month.

I'm always happy to receive content for the English section. Feel free to email me at 4x1st@iarc.org

Visiting Israel for radio hams

Welcome!

Israel has a small but enthusiastic community of radio hams with a wide range of interests, including HF operating, field ops, contests, VHF/UHF, DMR, equipment construction, satellite ops and more.

Israel is a signatory to the CEPT Recommendation T/R 61-01. If your home country also participates in this scheme and your license indicates HAREC, you can operate here for up to three (3) months, with no need for any documentation. Note that some foreign foundation/novice licenses may not be acceptable.

Important notes

You should identify as 4X/callsign

Always carry a copy of your home license whenever operating

You must operate under the terms of an Israeli General license (B). Frequencies and power limits are here: <https://www.iarc.org/iarc/#Bandplan>

The 60m (5MHz) and 4m (70MHz) are used here

If you're staying for more than three months, you will need to apply for a license from the Communications Ministry - send an email to RadioAmat@moc.gov.il or call +972 3-5198228

Where to operate from

Israel has many sites in the [Summits on the Air \(SOTA\)](#), [Flora & Fauna \(WWFF\)](#), [Parks on the Air \(POTA\)](#) and [Castles \(WCA\)](#) programs.

All these sites are ideal for portable or mobile operations. They're also great places to visit even if you're not playing radio, and ideal for family trips.

Equipment

Plan on bringing any needed equipment with you. There are no specialist ham stores in Israel. Check your airline regulations on carrying batteries. Customs will not generally be an issue - but again make sure you have your license with you in case of any questions.

Local operations

We have a well-established network of repeaters around the major cities and towns. You'll find a list on the IARC website here:

https://www.iarc.org/iarc/#EN_Repeaters

The repeaters in Haifa, Jerusalem, Megiddo and Tel Aviv are networked, so you'll usually find someone around to talk to.

If you're bringing a DMR rig, make sure you have TG425 set up on timeslot 1. This is a static talkgroup carried on all our DMR repeaters. Timeslot 2 accesses the Brandmeistertalkgroups (such as Worldwide 91) on-demand.

Out in the field

Last month, Howard 4X5HL did a 3-day road trip, taking in Zichron Yaakov, Mount Turan and Mount Tavor. At each location he set up using an Icom IC-705, and the popular JPC-12 vertical. Howard was joined by Louis 4Z5OT and Aaron 4X6FB.



4X5HL at the top of Mt. Turan



4X5HL and 4X6FB at Mt. Tavor

Photos: 4X5HL/4Z5OT

Upcoming Contests

This month sees the IARU HF World Championship. IARU national society HQ stations send RST+ society name (such as ARRL, RSGB etc.). Other stations send RST+ITU zone (39 for Israel). Maybe one year we'll hear an IARC HQ station in the contest!

This year the contest runs alongside the World Radiosport Team Championship (WRTC2022) in Bologna, which was held over from last year due to Covid-19. We wish every success to the Israeli team of Zvika 4X6FR and Seth 4X1DX.

Here are some of the other events coming up:

- **Marconi Memorial HF Contest CW:** 1400Z, Jul 1 to 1400Z, Jul 2
- **IARU HF World Championship CW/SSB:** 1200Z, Jul 8 to 1200Z, Jul 9
- **IARU Region 1 70 MHz Contest CW/SSB:** 1400Z, Jul 15 to 1400Z, Jul 16
- **CQ Worldwide VHF: 6m, 2m, any mode** 1800Z, Jul 15 to 2100Z, Jul 16
- **RSGB Islands on the Air Contest CW/SSB:** 1200Z, Jul 29 to 1200Z, Jul 30

As ever, you'll find all the details at WA7BNM's Contest Calendar:

<https://contestcalendar.com/weeklycont.php>

Whichever contest you choose to take part in, good luck! Have fun, and don't forget to send your log in!

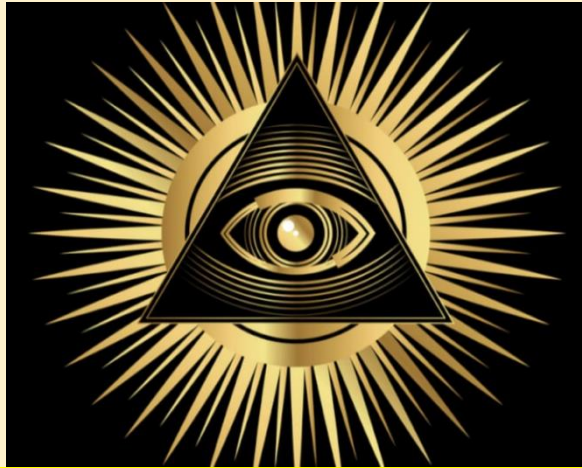


Image: WRTC 2022 Organizing Committee



1.1 – עיבוד אותות

מאת: צביקה גרינברג zvika.greenberg@gmail.com



<https://www.forumdaily.com/en/vsevidyashhee-okno-simvol-tajnego-ordena-ili-prosto-udachnyj-logotip>

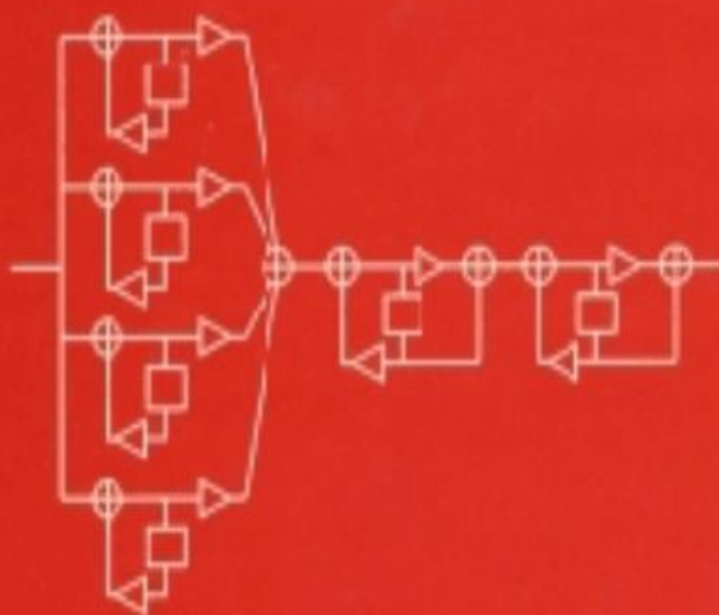
Sophocles J. Orfanidis

Sophocles J. Orfanidis. Associate Professor in the Department of Electrical and Computer Engineering at Rutgers University. Research interests include statistical and adaptive signal processing, audio signal processing, and electromagnetic waves and antennas.



INTRODUCTION TO

Signal Processing



Sophocles J. Orfanidis

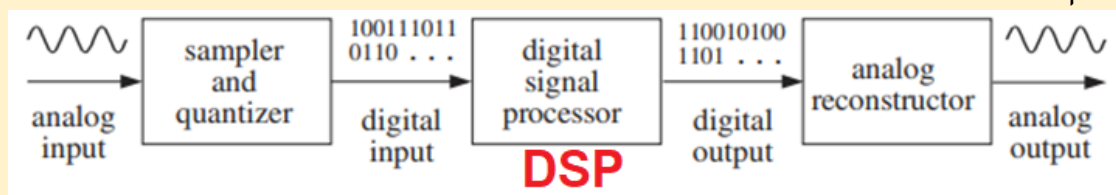
PRENTICE-HALL SIGNAL PROCESSING SERIES
ALAN V. OPPENHEIM, SERIES EDITOR



798 עמודים – 2010

Digital processing of analog signals proceeds in three stages: 1. The analog signal is digitized, that is, it is sampled and each sample quantized to a finite number of bits. This process is called A/D conversion. 2. The digitized samples are processed by a digital signal processor. 3. The resulting output samples may be converted back into analog form by an analog reconstructor (D/A conversion). A typical digital signal processing system is shown below.

עיבוד דיגיטלי של סיגנלים אנלוגיים קורה ב-3 שלבים : 1. הסיגנל האנלוגי עובר דיגיטיזציה, כלומר, נדגם וכל דגימה מכומתת למספר סופי של ביטים. תהליך זה נקרא המרה של A/D. 2. הדגימה הדיגיטלית מעובדת ע"י מעבד סיגנל דיגיטלי. 3. דגימות תוצאת היציאה יכולים להיות מומרים חזרה לאנלוגי ע"י משחזר (D/A ממיר). מערכת עיבוד סיגנל דיגיטלי אופייני נראית להלן.



בצד שמאל – נכנס אות אנלוגי לתוך דוגם ומכמת. משם הוא יוצא בצורת אות דיגיטלי. האות הדיגיטלי נכנס למעבד סיגנל דיגיטלי ויוצא בצורת אות דיגיטלי. משם הוא נכנס למשחזר אנלוגי ויוצא בחזרה כאות אנלוגי.

The digital signal processor can be programmed to perform a variety of signal processing operations, such as filtering, spectrum estimation, and other **DSP** algorithms. Depending on the speed and computational requirements of the application, the digital signal processor may be realized by a general purpose computer, minicomputer, special purpose DSP chip, or other digital hardware dedicated to performing a particular signal processing task.

מעבד סיגנל דיגיטלי יכול להיות מתוכנת לבצע מגוון של פעולות עיבוד סיגנל, כמו סינון, הערכת ספקטרום, אלגוריתם **DSP (Digital Signal Processing)**. בתלות במהירות ודרישות החישוב של היישום, מעבד הסיגנל הדיגיטלי יכול להתממש ע"י מחשב למטרה כללית, מיקרו-מחשב, ציפ **DSP** למטרות מיוחדות, או חומרה דיגיטלית אחרת שנועדה לבצע משימת עיבוד סיגנל מיוחדת.

The design and implementation of **DSP** algorithms will be considered in the rest of this text. In the first two chapters we discuss the two key concepts of sampling and quantization, which are prerequisites to every **DSP** operation.

תכנון ויישום של אלגוריתם **DSP** ייחשב כרוב שאר החומר בשיעור הזה. ב-2 הפרקים הראשונים נדון ב-2 עקרונות מפתח של דגימה וכימות, שהן דרישות מוקדמות לכל פעולת **DSP**.

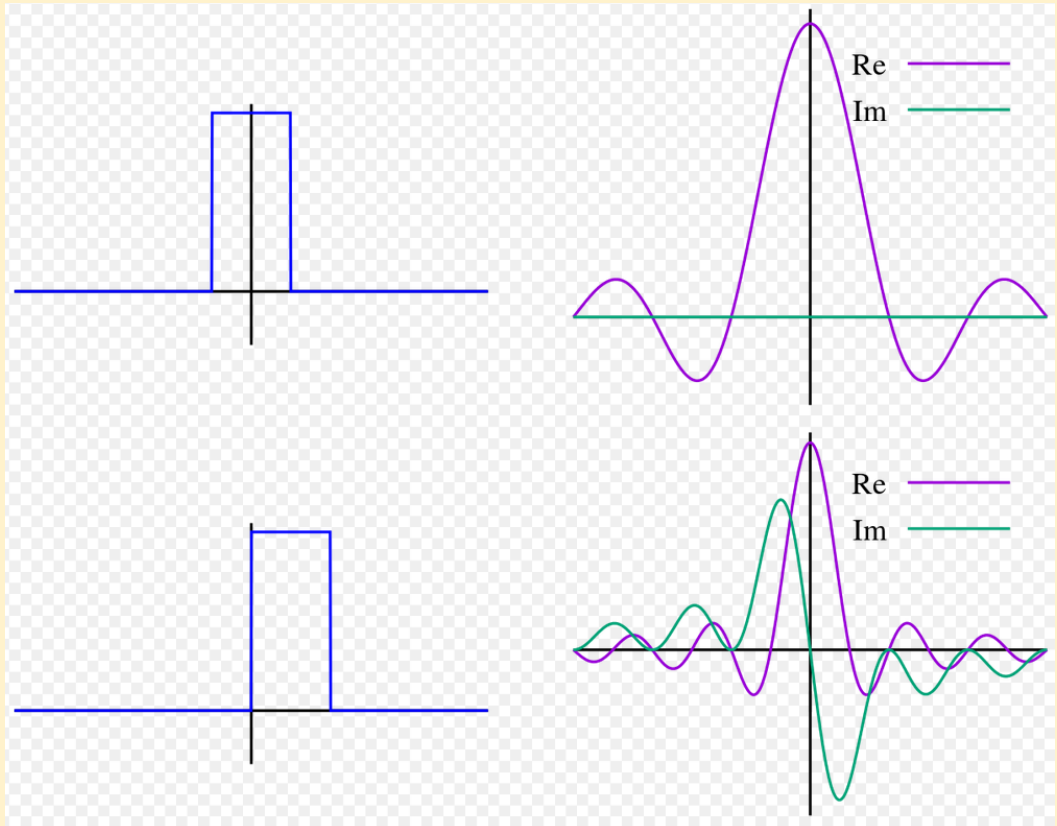
- Review of Analog Signals

1.2-חזרה על אותות אנלוגיים

We begin by reviewing some pertinent topics from analog system theory. An analog signal is described by a function of time, say, $x(t)$. The **Fourier transform** $X(\Omega)$ of $x(t)$ is the frequency spectrum of the signal:

מתחילים בחזרה של משהו שהוא נושא מאד רלבנטי מתיאוריה של מערכת אנלוגית. סיגנל אנלוגי מתואר ע"י פונקציה של זמן, $x(t)$. **טרנספורמצית פורייר** - $X(\Omega)$ של $x(t)$ היא ספקטרום התדירות של הסיגנל.

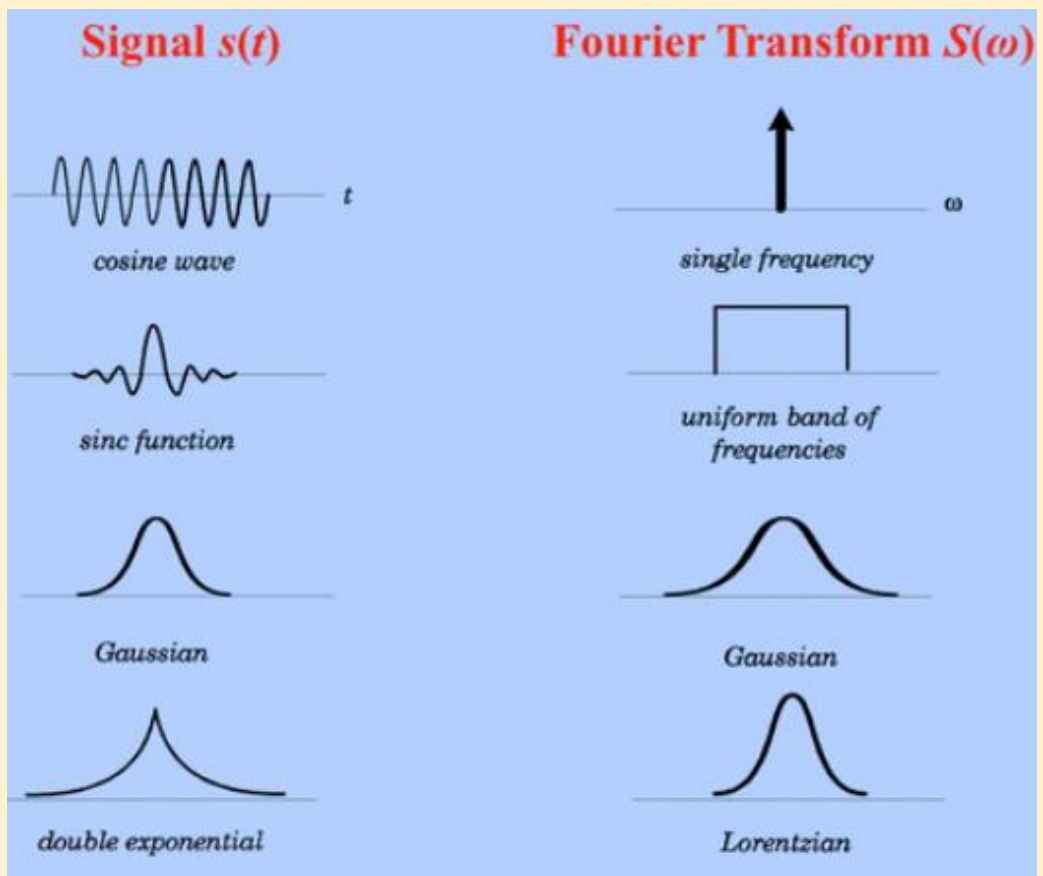
טרנספורמצית פורייה – Fourier Transform



The top row shows a **unit pulse** as a function of time ($f(t)$) and its Fourier transform as a function of frequency ($\hat{f}(\omega)$). The bottom row shows a delayed unit pulse as a function of time ($g(t)$) and its Fourier transform as a function of frequency ($\hat{g}(\omega)$).

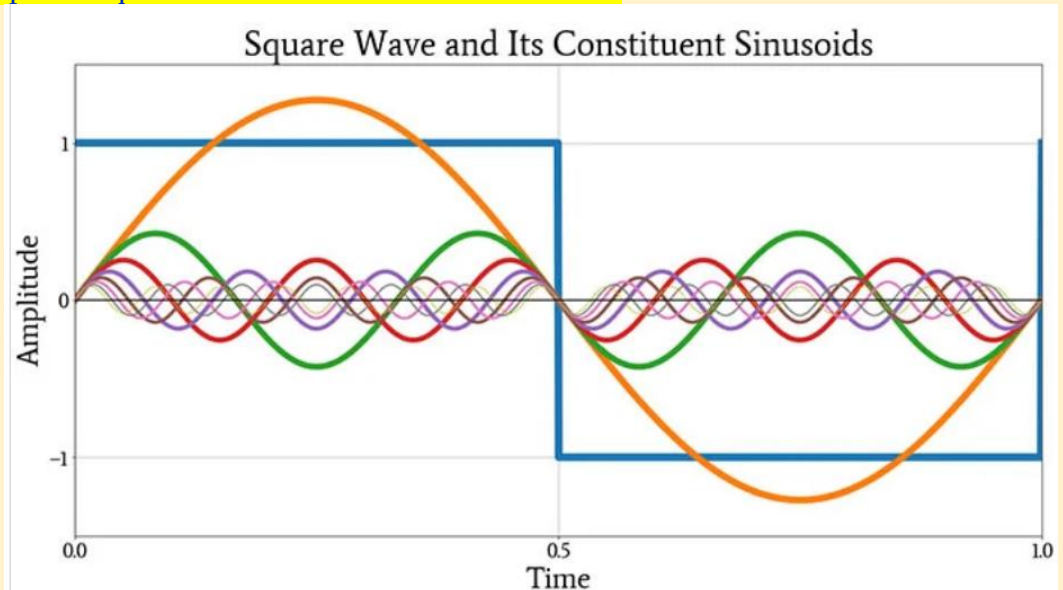
התמרת פורייה (טרנספורם פורייה) - היא כלי מרכזי באנליזה הרמונית שאפשר לתארו כפירוק של פונקציה לרכיבים מחזוריים) **סינוסים וקוסינוסים** או לחלופין **אקספוננטים מרוכבים** (וביצוע אנליזה מתמטית לפונקציה על ידי ניתוח רכיביה. שיטה זו פותחה על ידי ז'אן-בטיסט ז'וזף פורייה. להתמרות פורייה יש שימוש נרחב מאוד בפיזיקה, בהנדסה ובכל תחום העוסק בפולסים וגלים, ובפרט באופטיקה של גלים ובמכניקת הקוונטים. התמרת פורייה היא אחד הכלים החשובים בהנדסת חשמל ומהווה את הבסיס המדעי לפיתוחים טכנולוגיים בתחומי התקשורת

הספרתית, עיבוד אותות ומערכות ליניאריות, עיבוד תמונה וקידוד. כמו כן התמרת פורייה משמשת ככלי בתחומים רבים נוספים של המתמטיקה, למשל בתור כלי עזר לפתרון של משוואות דיפרנציאליות, או בתורת המספרים האנליטית (למשל נוסחת הסכימה של פואסון). התמרת פורייה מאפשרת כתיבה של פונקציה נתונה בתור שקלול ליניארי של פונקציות מחזוריות) נקראות גם הרמוניות, בשל הקרבה לצלילים מוזיקליים. ראו דוגמה בהמשך). בשל כך ניתן לראות את ההתמרה בתור מיפוי בין מרחב הזמן למרחב התדר. בפיזיקה של מצב מוצק ניתן להשתמש בהתמרת פורייה למעבר מהסריג הישיר (כלומר סריג המתאר את מבנה הגביש במרחב המקום) לסריג הופכי (סריג המתאר את אותו הגביש ב"מרחב הגל"). לדוגמה צליל מוזיקלי צלול ("תו" בודד) הוא למעשה קול המתנודד בזמן בתדר מסוים. התמרת פורייה משמשת ככלי חשוב בניתוח של צלילים: היא מאפשרת לנתח הקלטה של צלילים ולבודד את התדרים המרכיבים אותה. באופן כללי יותר התמרת פורייה מאפשרת לאתר בתוך פונקציה רכיבים מחזוריים, ולכן יש לה שימוש רחב בניתוח אותות ובעיבוד תמונה. ניתן לראות את ההתמרה כהרחבה לטור פורייה המתקבלת כאשר משאיפים את זמן המחזור של הפונקציה המחזורית בטור פורייה לאינסוף.

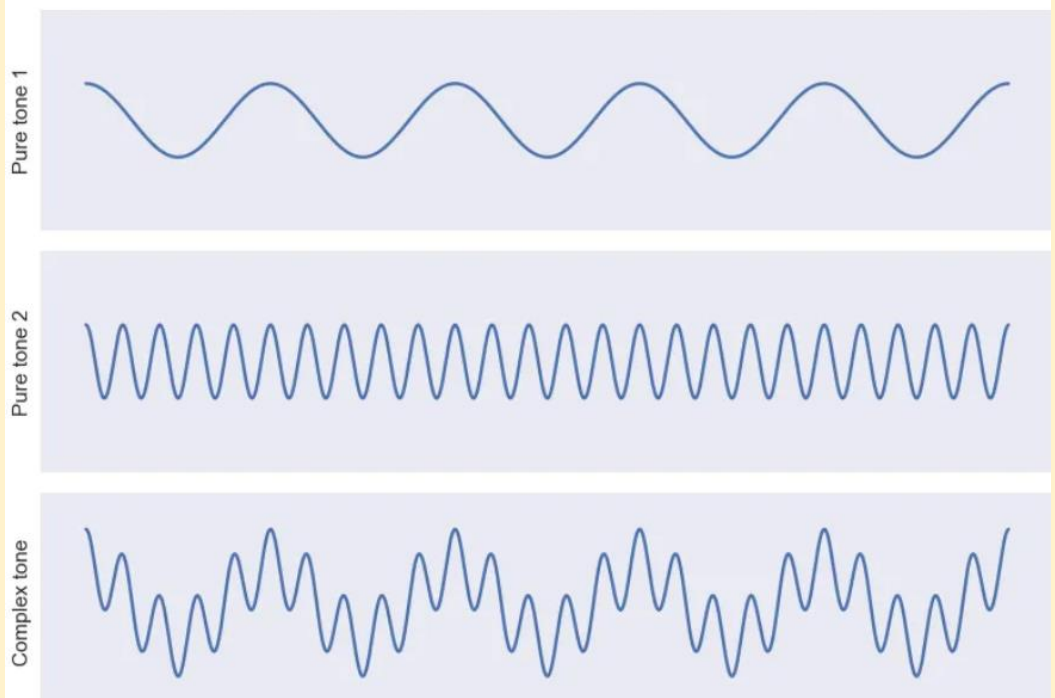


Fourier Transform Pairs. Only the real part of the transform is shown.

<https://mriquestions.com/fourier-transform-ft.html>



<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-the-fourier-transform/>



For a pure tone, pressure over time charts a simple sinusoid. For complex tones, i.e. a mixture of pure tones, pressure over time charts a sum of sinusoids.

<https://towardsdatascience.com/the-fourier-transform-1-ca31adbfb9ef>



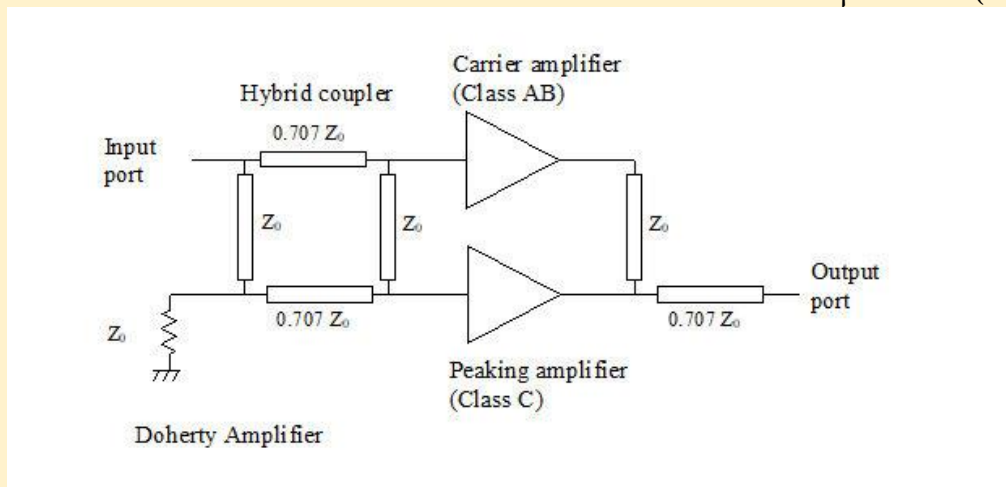
מגבר הרדיו של דוהרטי

פרופ' עלי לוי, מכללת אפקה להנדסה תל אביב ElyL@afeka.ac.il

מגבר הרדיו שפותח על ידי דוהרטי הוא צירוף מקבילי של שני מגברי הספק (לאות שיאי ולאות ממוצע), המאפשר להשיג הגברה לינארית בתחום דינמי רחב ויעילות המרה DC-RF גבוהה. מגבר דוהרטי נחשב לאבן בנייה יסודית בתחנות שידור רבות ובהן תחנות רדיו מסחריות AM/FM ותחנות בסיס סלולריות.

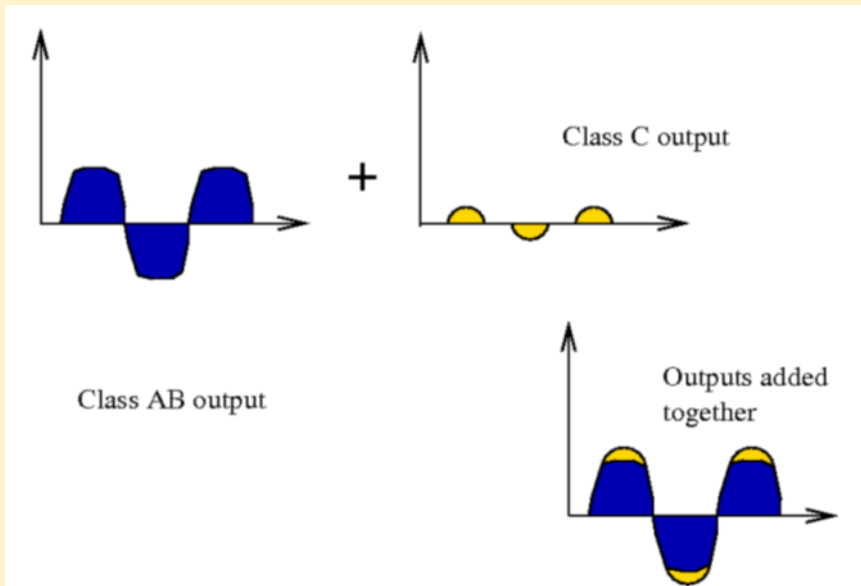
מגבר דוהרטי

מגבר דוהרטי שפורסם על ידי ויליאם דוהרטי בשנת 1936 [1-3] הוא צירוף מקבילי של שני מגברי הספק כמתואר באיור 1. המגבר הראשון הוא מסוג AB, הפועל בתחום הלינארי, אך ביעילות המרת הספק בינונית. המגבר השני הוא מסוג C, המשפר את יעילות ההמרה אך אינו לינארי. חיבור האות נעשה על ידי פיצול הכניסה לשני אותות אורתוגונליים (הפרש פאזה 90 מעלות) ולאחר מכן חיבורם מחדש עם התאמת הפאזות הדרושה.



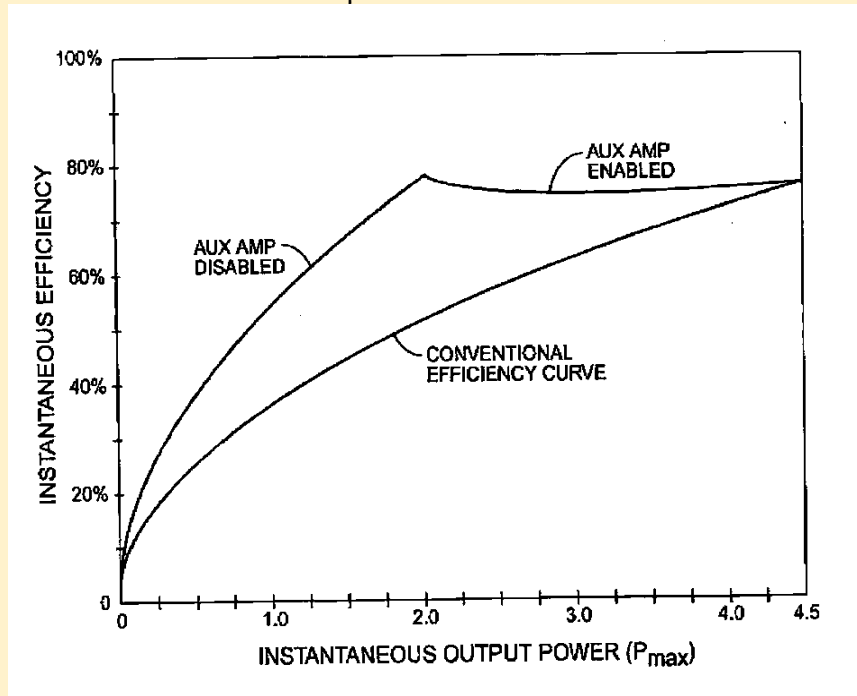
איור 1 דיאגרמת מלבנים של מגבר דוהרטי. קרדיט [4]

הצירוף של שני אותות המוגברים על ידי מגברים עם אופיין עבודה שונה, מתואר באיור 2 [5]. מגבר AB מייצר אות "קטום" במקצת (כלומר מעוות) ואילו מגבר C מייצר אות שיאי בפרקי זמן חלקיים מתוך מחזור העבודה. הצירוף של שני האותות "מישר" את צורת הגל ומקטין את העיוותים, ובה במידה משפר את יעילות ההמרה. שימוש במגבר דוהרטי מביא תועלת מירבית בשידור של הספק גבוה הדורש גם לינאריות טובה והפסדי המרה נמוכים. במערכות העובדות בשידור ללא תחום דינמי גדול, כמו רוב המכ"מים למשל, אין צורך בתצורת דוהרטי.



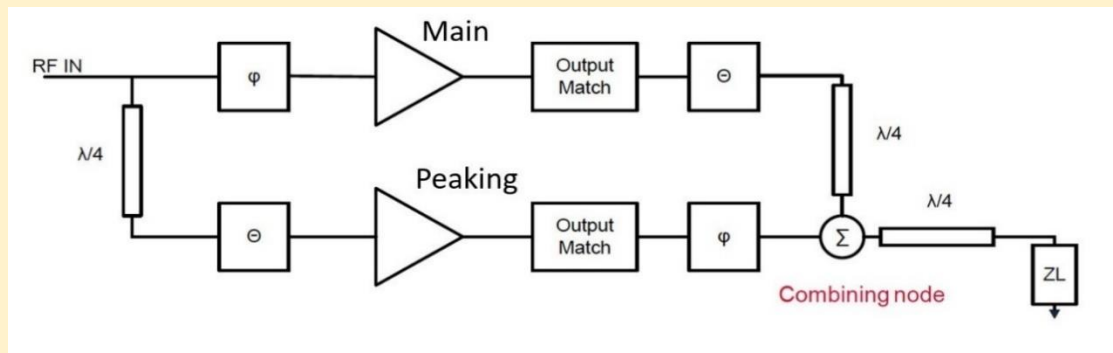
איור 2 תיאור האותות בשני המגברים בנפרד ובסיכום ביניהם, קרדיט [5]

דיאגרמת היעילות של מגבר דוהרטי ביחס למגבר הספק רגיל מסוג AB מתוארת באיור 3 [6].



איור 3 דיאגרמת היעילות של מגבר דוהרטי לעומת מגבר AB. רואים שניתן להגיע ליעילות של 80% בתחום הספקים רחב לעומת 50%-70% במגבר AB. קרדיט [6].
קיימות גרסאות אחרות של הקונספט של דוהרטי הנבדלות זו מזו בהסחת הפאזה והאמפליטודה בין שני המסלולים וברשתות שונות לתיאום וייצוב האימפדנסים. נדגים באיור 4 גרסה נוספת

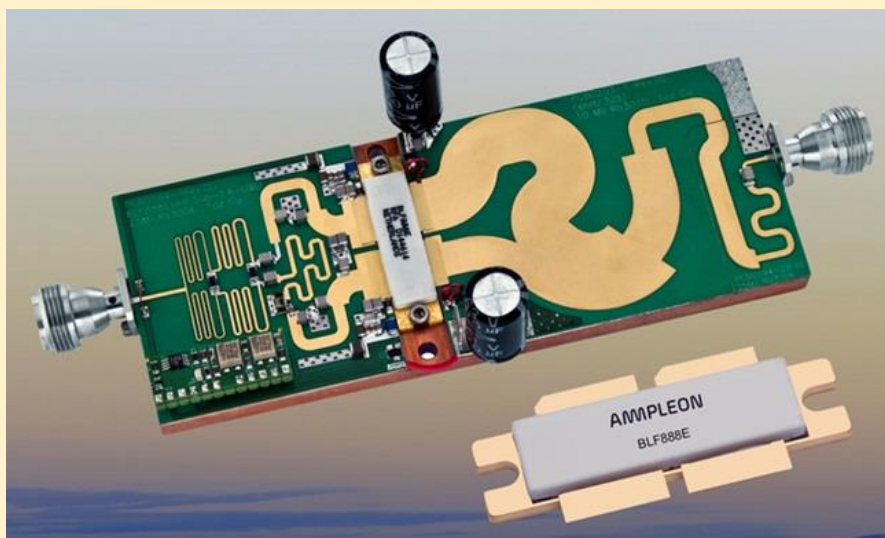
שבה קובעים שתי פאזות לשני האותות, θ, ϕ ואחר כך מתקנים על ידי שתי פאזות הפוכות סימטרית. בחירת פאזות שאינן (0.90) מעלות או אמפליטודות שונות מעניקה גמישות נוספת ומאפשרת לשפר את היעילות ולהקטין את העיוותים.



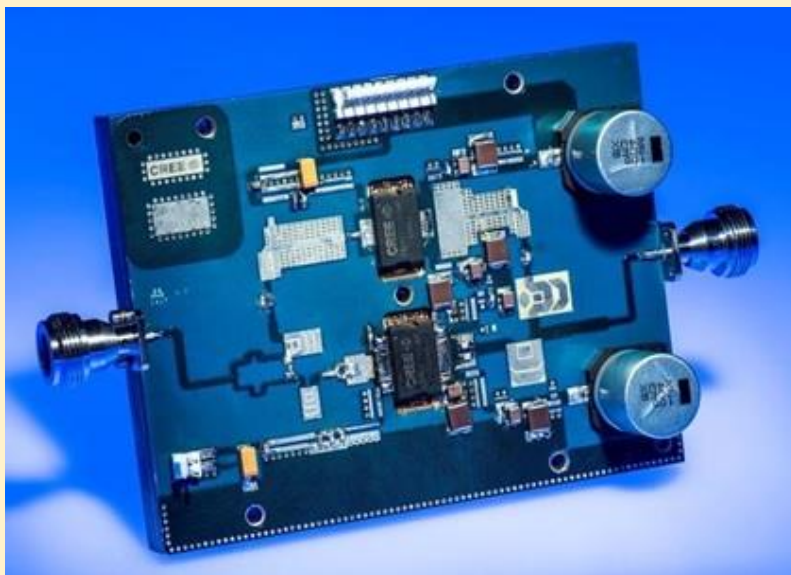
איור 4 גרסה של מגבר דוהרטי עם שתי פאזות נבחרות. קרדיט [4]

דוגמאות למימוש

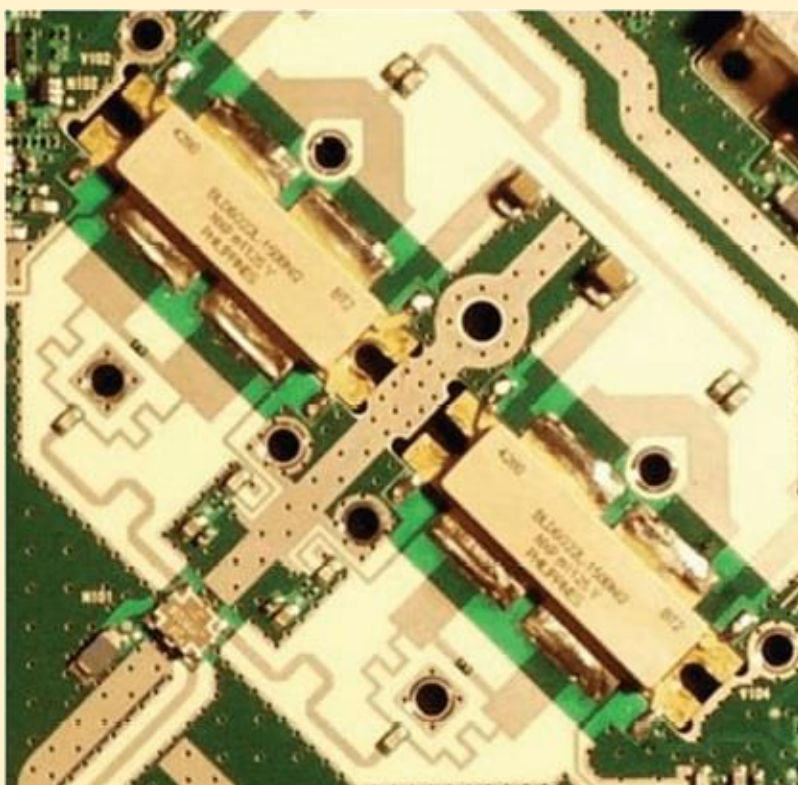
בשנים האחרונות אנו מוצאים כי רוב התכנונים של מגברי דוהרטי משתמשים בטרנזיסטורים מודרניים כדרגות הגברה ומנצלים מעגלים מודפסים עם הפסדים נמוכים [8-12].



איור 5 מגבר דוהרטי BLEF888E עם טרנזיסטור Ampleon



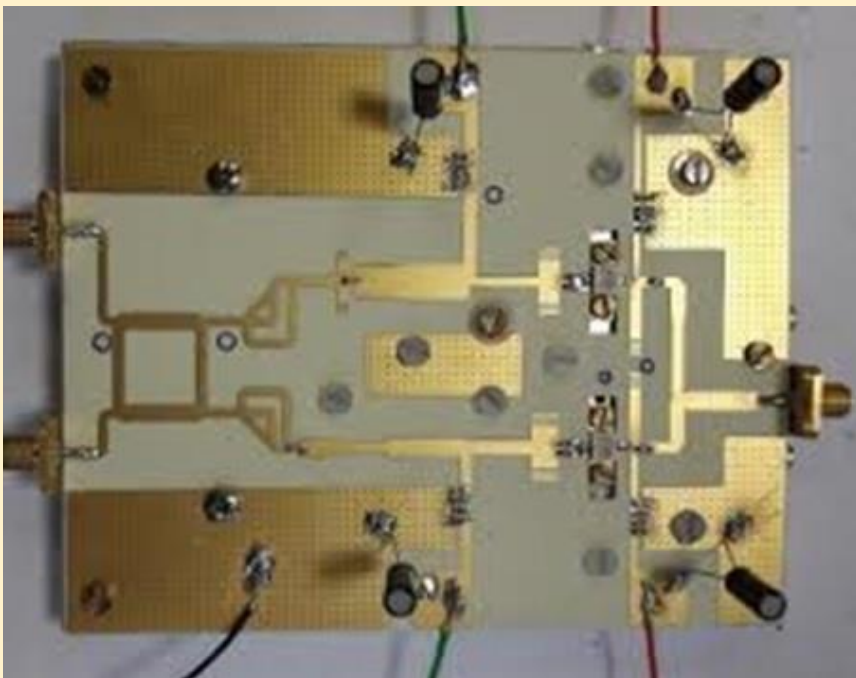
איור 6 מגבר דוהרטי CREE



איור 7 מגבר דוהרטי Nokia



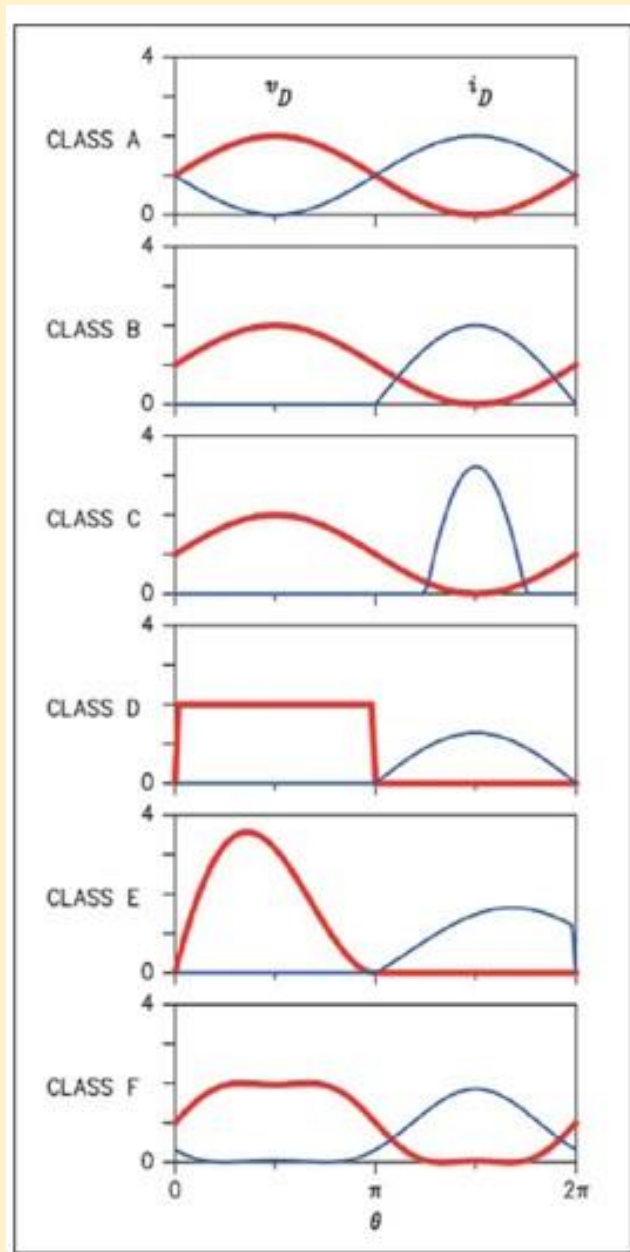
איור 8 מגבר דוהרטי #82 TPS



איור 9 מגבר דוהרטי [7]

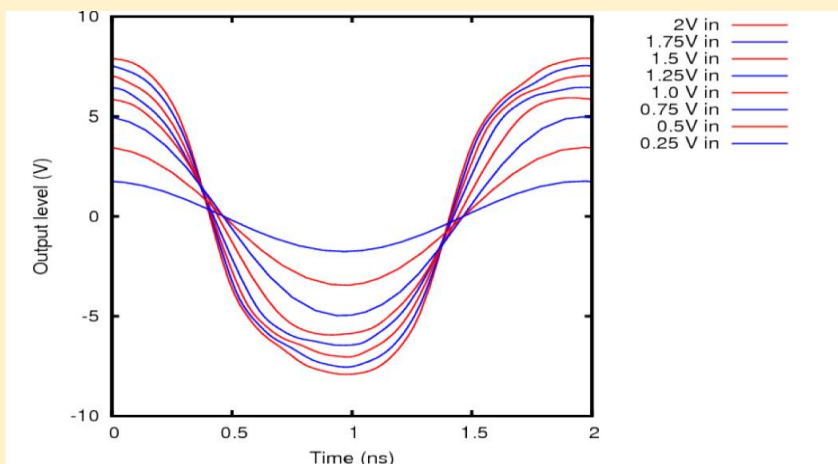
שיקולי תכן

מגברי הספק בתחום הרדיו מתחלקים למספר קטגוריות לפי מחזור הפעולה שלהם, תחום העבודה ביחס לאופיין העבודה הלינארי ודיאגרמת הזמנים של המתח והזרם. הקטגוריות העיקריות גם נבדלות ביעילות המכסימלית שאפשר להשיג מבחינת המרת אנרגיית המתח הישר לאנרגיית RF. קטגוריה A מגיעה ליעילות מכסימלית של 50% והעיוותים שלה נמוכים. קטגוריה B מגיעה ליעילות מכסימלית של 78% אבל העיוותים אינם זניחים. קטגוריה AB משלבת את A ו-B ומשיגה יעילות מכסימלית של 78% ועיוותים נמוכים. קטגוריה C מגיעה ליעילות עד 90% אבל הלינאריות שלה איננה טובה.

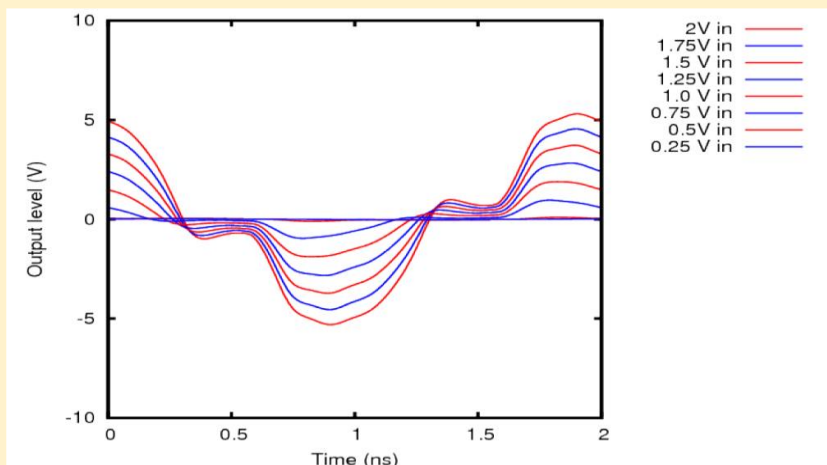


איור 10 דיאגרמות המתח והזרם של מגברי הספק מקטגוריות שונות

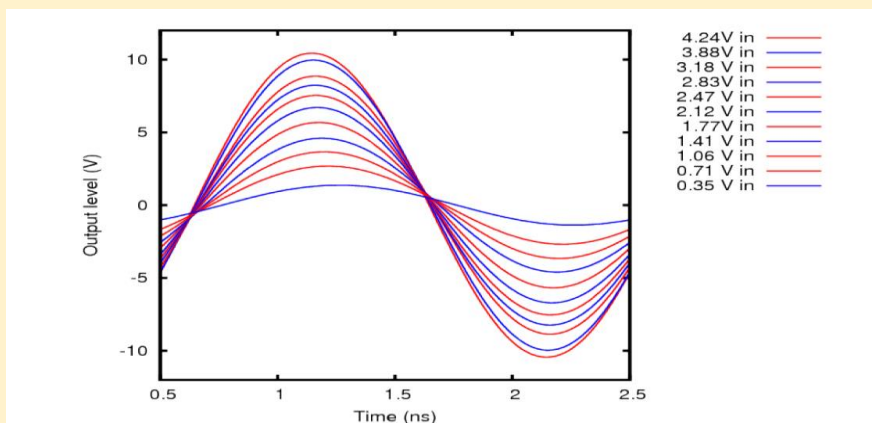
איור 11 מציג את מתח היציאה בתלות בזמן עבור מגבר AB. איור 12 מציג את מתח היציאה עבור מגבר C ואיור 13 מראה את השילוב בין שתי הקטגוריות (ע"פ דוהרטי). רואים באיור 13 את ההגבר הנקי של האות ותמונת גל המתקרבת לגל הרמוני מדויק.



איור 11 דיאגרמת מתח היציאה כפונקציה של הזמן עבור מגבר AB עם מתחי הזנה שונים.



איור 12 דיאגרמת מתח היציאה כפונקציה של הזמן עבור מגבר C עם מתחי הזנה שונים. קרדיט [5]



איור 13 דיאגרמת מתח היציאה כפונקציה של הזמן עבור מגבר דוהרטי עם מתחי הזנה שונים. קרדיט [5]

תכן מפורט של מגבר דוהרטי מחייב פשרה ראויה בין הרגישות לתדר, לפאזה ולעוצמת האות כדי להשיג יעילות גבוהה, לינאריות ויציבות.

- דיוק הפאזה בין שתי הזרועות תלוי באיכות המפצל ההיברידי ובדיוק של החיבור המשלים לאחר המגברים. לפאזה מדויקת בין הזרועות יש תפקיד מרכזי בהשגת יעילות גבוהה ובהפחתת העיוותים למינימום.
- תיאום אימפדנסים והשגת נקודת עבודה יציבה (מול שינויי הספק כניסה, שינויי טמפרטורה וטולרנסים של הטרנזיסטורים) הם הכרחיים.
- שמירת לינאריות של המגבר העיקרי היא מחויבת המציאות ותלויה בעיקר במתחי ובזרמי ההזנה.
- הבטחת רוחב סרט גדול, תלויה בעיקר ביציבות הטרנזיסטורים וברשת תיאום אופטימלית. כאמור, בתכנונים עדכניים ניתן לבחור את יחסי האמפליטודה והפאזה בשני המסלולים ולממש רשתות תיאום ויציוב בהתאם.
- בחירת טרנזיסטורים יציבים מבחינה חשמלית ותרמית מתוך שוק חצאי המוליכים הקיימים בשוק: GaN , InGaP , pHEMT , GaAs ואחרים.

קורות החיים של דוהרטי

William H. Doherty (נולד 1907, נפטר 2000) היה מהנדס אלקטרוניקה אמריקאי שהתפרסם בזכות תכן מגבר RF חדשני ויעיל במיוחד. דוהרטי נולד בקיימברידג' מסצ'וסטס. סיים תואר ראשון (1927) ותואר שני (1928) בהנדסה באוניברסיטת הרווארד, החל לעבוד בחברת American Telephone and Telegraph Company והמשיך במכון National Bureau of Standards. בשנת 1930 הצטרף למעבדות Bell Telephone Laboratories ועסק בתכנון משדרי רדיו בהספק גבוה. בשנת 1936 המציא את המגבר הקרוי על שמו, המאפשר השגת יעילות המרה גבוהה. המגבר תואר בפטנט US 2,210,028 ומומש במשדרי רדיו של 50-500 kW בחברת Western Electric Company. עד שנת 1940 נבנו 35 תחנות רדיו מסחריות בטכנולוגיה זו ברחבי העולם. במאה ה-20 זכו מגברי דוהרטי לתחייה מחודשת בתחנות בסיס סלולריות.



William H. Doherty 1907 – 2000

Aug. 6, 1940.

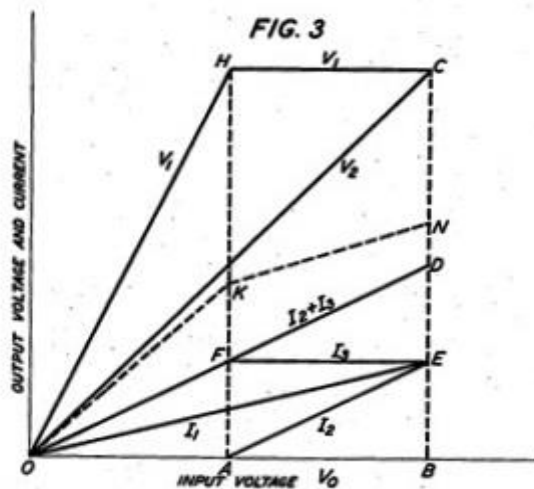
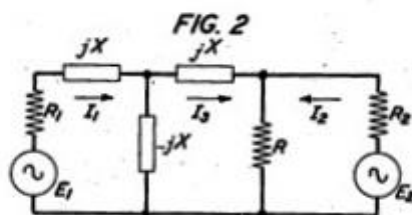
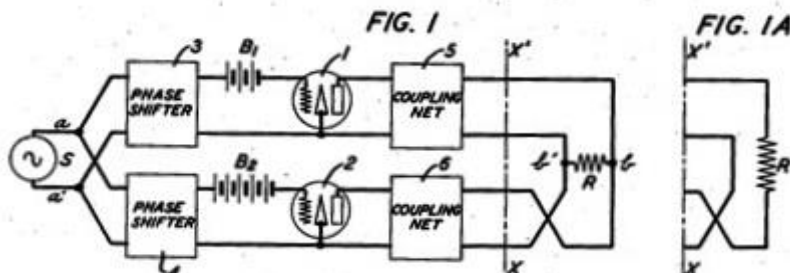
W. H. DOHERTY

2,210,028

AMPLIFIER

Original Filed April 1, 1936

3 Sheets-Sheet 1



INVENTOR
W. H. DOHERTY
BY *G. H. Stevenson*
ATTORNEY

איורים מקוריים מתוך הפטנט המקורי של דוהרטי [3]



תחנת רדיו AM מסחרית משנת 1938 עם מגבר דוהרטי 50 kW [9]



תחנת רדיו AM מסחרית משנת 1978 עם מגבר דוהרטי 150kW [9]

- [1] W. H. Doherty, "A new high-efficiency power amplifier for modulated waves," Bell Telephone Laboratories monograph B-931, May 1936. (available online at <http://sujan.hallikainen.org/BroadcastHistory/uploads/Doherty.pdf>)
- [2] W. H. Doherty, "A New High Efficiency Power Amplifier for Modulated Waves", Proceedings of the IRE, Vol. 24, pp. 1163 – 1182, 1936.
- [3] US Patent 2210028.
- [4] Doherty Amplifier, Microwaves 101.
- [5] B. Slade, "The Basics of the Doherty Amplifiers", Orban Microwave Products.
- [6] US Patent 20050134377.
- [7] A. Nasri et. Al. "Design of Broadband Doherty Power Amplifier with High Efficiency for 5G Applications", MDPI Electronics, 10,873, 2021.
- [8] B. Slade, "Amplifier Alphabet Soup: Part I, Basics of Class A, AB, B and C amplifiers", RF Globalnet, Feb. 2011.
- [9] S. C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999.
- [10] R. Pengelly, C. Fager and M. Ozen, "Doherty's Legacy; A History of the Doherty Power Amplifier from 1936 to the Present Day", IEEE Microwave Magazine, Vol. 17, No.2, pp. 41-58, Feb 2016.
- [11] Doherty Power Amplifier Design, Electronics Notes.
- [12] P. Colantonio, F. Giannini, R. Giofre and L. Piazzon, The Doherty Power Amplifier, Intechopen.com