

הגל החדש – 4XBulletin



גיליון מס' 35, ינואר 1/1/2023



כרטיס QSL מיוחד לרגל פעילות חובבי הרדיו בחג של החגים, חנוכה וחג המולד בסוף דצמבר 2022

מה בגיליון:

בניית אנטנת LOOP מגנטית.

חיזוי התפשטות גלים ב-HF

כיצד פועל הסינטיסייזר?

כיצד למנוע הפרעות בשידור.

תגליות וחוקי קירכהוף.

על ימי הרדיו בימי המנדט.

טיולים והפעלות של חובבי הרדיו.

המדור בשפה האנגלית ENGLISH CORNER

ועוד...

תוכן העניינים

- 3 - דבר העורך 1/1/2023
- 5 - חובבי רדיו והאמנות בין ישראל לארצות חו"ל
- 6 - הודעות אגודת חובבי הרדיו בישראל
- 7 - מפגשים וטיולים
- 9 - מארכיון העמותה להנצחת חללי חיל הקשר והתקשוב
- 10 - זה היה בימי הרדיו...
- 11 - בניית אנטנת לופ מגנטית
- 14 - שקט ומהיר: מיתוג קליטה/שידור אלקטרוני
- 20 - ANALOG FREQUENCY SYNTHESIZERS
- 25 - הפרעות הדדיות בהפעלות שדה
- 28 - חיזוי התפשטות גלים בת"ג: יישום VOACAP
- 32 - The English language section for January 2023
- 33 - Jerusalem Mini-Field Day & Antenna Party
- 34 - התגליות והחוקים של גוסטב קירכהוף

משתתפים בגיליון זה:

פרופ' עלי לוין	
דניאל רוזן	4X1SK
לאוניד שפיר	4Z4LS
צורי ריינשטיין	4Z1RZ
צביקה סגל	4Z1ZV
יעקב סימן טוב	4Z5YS
טים סקרימשאו	4X1ST
הווארד סילברווטר	4X1ZZ

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אברהם 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון.

המאמרים אשר לא צוין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך.

חברי מערכת: דר' איל רסקין 4X1RE, משה אינגר 4Z1PF

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 1/1/2023

מאת: נפתלי בלבן-אברהם, 4Z1RM

לעתים שואלים אותי – האם לעיסוק שלנו בחובבות הרדיו שנמשך כבר למעלה ממאה שנים בעולם, עדיין יש חשיבות.

אם נשווה את התחביב שלנו לאחרים, הרי רוב התחביבים אינם מקודמים טכנולוגית בטמפו כה מהיר כמו שלנו, ועל מנת לעסוק בו אנו צריכים כל הזמן ללמוד ולהתעדכן בפלאי הטכנולוגיה בעולם.

העיסוק בחובבות הרדיו מביא לנו הרבה הנאה ועניין, נפתחים בפנינו אופקים חדשים בהבנת טכנולוגיות חדישות בתקשורת חובקת עולם, שיחות עם אנשים מעניינים בעלי כוונות טובות, הנוטים להתחבר עם אנשים בעלי עניין משותף המוכנים לעזור הן לחובבים והן לציבור הרחב בעתות מצוקה כמו אסונות טבע.

אם כי התקשורת החדשה והבינלאומית השתכללה באופן מטאורי, הרי היא תלויה באלפי צמתים ממוחשבים בהעברת המידע האלקטרוני, וכל תקלה עלולה להשבית אזורי ענק, וכאן נכנסים לפעולה חובבי הרדיו אשר הוכיחו את יעילותם בהעברת תקשורת חירום.

אנו החובבים מונים כיום בעולם למעלה ממיליון חברים! (בדומה למדינה קטנה). מלבד בניית ציוד אלקטרוני ושיחות לתוך הלילה עם אנשים מעניינים בעולם, הרי יש לנו פעילויות חברתיות רבות המאורגנות לחובבים ולבני משפחותיהם בנושאי הדרכה והרצאות, תחרויות בינלאומיות, שידורים ממקומות מעניינים כמו אתרי מורשת בארץ, ימי שדה (פיקניקים הכוללים קשרי רדיו) וטיולים בחיק הטבע עם בני המשפחות.

לעתים שואלים אותי: האם בתקופה זו יש עדיין צורך בעיתון לחובבי הרדיו, כאשר ישנן אפליקציות רבות כמו פייסבוק וכן וואטסאפ ואחרות.

נכון, אפשר לחפש חומרים ברשת – אך עד מהרה הולכים לאיבוד, בגלל חוסר הסדר והעקביות וכן בגלל הפרסומות ה"משגעות" את השכל לכולנו.

ולכן, עדיין מופיעים אלפי עיתונים וירחונים בעולם ובארץ, המיועדים לבעלי עניין והמרכז את המידע הרלוונטי לקוראים.

הירחון שלנו המיוחד ה-4XBulletin, החל להופיע לפני כשלוש שנים. אמנם עיתוני "הגל" התחילו להופיע בדפוס עם קום המדינה, כלומר לפני למעלה מ-70 שנה. אך פרנסי האגודה לשעבר החליטו לבטל את הופעתו ולהסתפק בשימוש באתר האגודה.

לאחר הפסקה בהופעת "הגל" החליטו כמה חברים לחדש ולהוציא עיתון מקוון בצורה עצמאית. ואמנם העיתון שלנו חי ומופיע מדי חודש, וזאת בעקבות הבנה ותיאום מצוין עם ועד האגודה הנוכחי.

כיום מקבלים את העיתון למעלה מאלף חובבים וכן אנשים נוספים המתעניינים באלקטרוניקה ותקשורת, ובעקבות זאת יש המעוניינים להצטרף לחוג חובבי הרדיו..

השאיפה שלנו עורכי וכותבי העיתון – שיהיה לנו עיתון מעניין ברמה טובה, כן גם השפה העברית צריכה להיות במיטבה – ועל כך תודתי ל-XYL שלי יעל, על עזרתה בהקלדה והגהה ככל הנדרש.

תודתי גם לחברי המשתתפים באופן קבוע בכתיבה מעולה: דני רוזן, פרופ' עלי לוי, דר' איל רסקין, משה אינגר, צביקה סגל, טים סקרימשאו ואחרים, וכן לדב גביש ומארק שטרן המסיעים בהעברת מידע עדכני על הנעשה בעולם.

תודה גם ליו"ר האגודה צבי אביגל, וחברי הוועד אשר מביאים פעילויות נהדרות בקדנציה הנוכחית – דבר המוצא את ביטויו בכתבות המתפרסמות כאן.

נקווה שיבוא יום שנצליח להוציא לאור את העיתון שלנו גם בדפוס צבעוני, כפי שעושים זאת ארגוני חובבים בעולם.

שלכם, בברכת 73! de 4Z1RM

4X-bulletin

רשימי גלימות Articles אודות יצירת קשר

ברוכים הבאים לאתר החדש של 4XBulletin

פוסטים אחרונים



גלין מספר 31 – ספטמבר 2022
זה בולין



גלין מספר 32 – אוקטובר 2022
זה בולין
4 גלימות 2022
החלטות חובבי רדיו במסגרת – על חשיפתו של חובב רדיו – ביום נעשות של אגודה רדיוקליט – חודש בשנת
האזניות CORNER ENGLISH – יו"ר...



גלין מספר 33 – נובמבר 2022
זה בולין
4 גלימות 2022

לקריאת גיליונות העבר יש להיכנס לאתר: <https://4xbulletin.org/>

- 4 -



חובבי רדיו והאמנות בין ישראל לארצות חו"ל

מאת: צוריאל ריינשטיין 4Z1RZ

במסגרת עבודתי במשרד התקשורת, נשאלתי רבות לגבי האמנות שמדינת ישראל חתומה עליהם בנושא חובבות רדיו כלפי מדינות שונות. לאחר מאמץ לא קטן מצאתי חלק מהן ואני חושב שזה יעניין מספר לא קטן של חובבים, ואני ממליץ לפרסם אותם בעיתון הגל.

מצ"ב חלק מהאמנות שנחתמו בזמנו ולדעתי לא בוטלו והם תקפות עד היום.

- חילוף מכתבים המהווה הסכם הדדי בדבר הפעלת תחנות רדיו של חובבים בין מנהל התקשורת הישראלי ובין הדואר הפדרלי הגרמני.
- חילוף איגרות בין ממשלת ישראל ובין ממשלת ארצות הברית של אמריקה המהווה הסכם בדבר תקשורת רדיו בין תחנות חובבים בשביל צד שלישי.
- חילוף איגרות המהווה הסכם בין ממשלת ישראל ובין ממשלת ארצות הברית של אמריקה בדבר הדדיות במתן היתרים המרשים לאלחוטאים חובבים בעלי רישיונות של כל אחת משתי הארצות להפעיל את תחנותיהם בארץ האחרת. וושינגטון, 15.6.1966

ISRAEL-UNITED STATES OF AMERICA
AGREEMENT REGARDING RECIPROCAL
GRANTING OF AUTHORIZATIONS TO PERMIT
OF EITHER COUNTRY TO OPERATE THEIR
STATIONS IN THE OTHER COUNTRY

שדרים חובבים ארצות הברית
ישראל ארצות הברית של אמריקה
הסכם בדבר הדדיות במתן היתרים
של כל אחת משתי הארצות להפעיל
את תחנותיהם בארץ האחרת

לקריאת חלק מהאמנות, באתר הפייסבוק של אגודת חובבי הרדיו בישראל:

[האמנה בין ישראל לארה"ב חלק א'.](#)

[האמנה בין ישראל לארה"ב חלק ב'.](#)

[האמנה בין ישראל לגרמניה הפדרלית.](#)

קריאה מעניינת ומועילה !



הודעות אגודת חובבי הרדיו בישראל

מפגשים והרצאות במרכז למדעים בהרצליה.

- ביום חמישי 5/1/2023 משעה 18:00 תתקיים הרצאתו של צורי ריינשטיין 4Z1RZ בנושא: תפעול ציוד קשר בתחומי ת"ג, תג"מ ותא"ג, כולם מוזמנים חובבים שבדרך, חובבים חדשים, בעלי רישיון חובבים ותיקים המתעניינים בנושא התחביב והתקשורת.
- ב-19/1/2023 במסגרת "האקדמיה לחובבי רדיו" הרצאתו של צביקה סגל 4Z1ZV בנושא לוויני גיאור' בשירות חובבי הרדיו.

עפרה חזה ז"ל - ברשימת 200 הזמרים הגדולים בהיסטוריה, כך נמסר ע"י עיתון "הרולינג סטון". עופרה היא אחותו של חברנו יאיר חזה 4Z4XC, כבוד למשפחה ולישראל!

אגודת חובבי הרדיו בישראל משתתפת בצערו של רונן בכר 4Z5AB עם מותה של אימו שרה. שלא תדעו עוד צער.

אגודת חובבי הרדיו בישראל משתתפת בצערו של אמיר 4Z1AR, עם מותו של אביו בנימין ברנהולץ ז"ל. שלא תדעו עוד צער.
לפני שנתיים פרסמנו את סיפור הצלתו המופלא של בנימין ברנהולץ ז"ל בשואה וזאת בעזרתו של חובב רדיו פולני. המאמר נמצא באתר 4xbulletin.org: בגיליון (מס' 10) דצמבר 2020 בעמוד 31.

נכדו ספיר, כתבה מכתב פרידה לסבא שלה:



סבא שלי. עולם שלי. החבר הכי טוב שלי.
האיש הכי חזק, הכי מצחיק בעולם.
הלך לי היום למרות שהבטיח שישאר איתי
הייתי בטוחה שיקבור את כולנו, שהוא שלי לנצח.
יש לי חור בלב בצורה שלך

מפגשים וטיולים

יום שדה מיוחד התקיים ב-17/12/2022 באזור קריית גת לכבוד המפגש ה-1500 במספר של "השולחן העגול", מדובר במפגשים שבועיים בשבתות המתקיימים על גלי אתר והמיועדים לחובבי רדיו מעולי בריה"מ שרובם עלו בגלי בעלייה הגדולים בשנות ה-90 של המאה הקודמת. באותו מפגש החברים התקיים פיקניק משפחות של כ-50 משתתפים והופעלה תחנת רדיו חובבים. המקום קושט בדגלי המדינה ודגל אגודת חובבי הרדיו בישראל. עולים אלה שהתבססו בינתיים בארץ, קיבלו עזרה רבה בקליטתם מאת מארק שטרן 4Z4KX אשר עזר להם להשיג רישיונות שידור ישראלים – והוא שייסד את הרשת הקשר הזאת שקיימת כבר מעל 30 שנה. כל הכבוד לידידנו מארק, על המקצועיות שלו עזרתו לחברי האגודה שלנו בכל נושא !



חברי ה"שולחן העגול במפגש החגיגי – עומד משמאל מארק שטרן 4Z4KX

בימי החנוכה התקיימה פעילות ענפה בהפעלות לציון חג המולד וחג האורות שלנו אשר היו בימים חופפים. חובבי רדיו שידרו משני מנזרים בבית ג'מל ובלטרון, כן התקיים טיול משפחות לאזור.

החובבים התקבלו בחביבות ע"י אב המנזר DOM Guillaume Jedrzejczak וע"י הנזיר Frere Daniel אשר סייע לחובבי הרדיו שפעלו במקום.

בשבת 24/12/2022 התקיים טיול המשולב בין מקומות הפעילות אותו הובילו אלי שחף 4Z1NB וזאבן בלוח 4X4KX, האיש והאגדה שנתן הרצאה מאלפת על הקרבות באזור לטרון במלחמת ששת הימים. תודה לדובי גביש 4Z4DX ומרק שטרן 4Z4KX על ארגון אירועים אלה. פרטים נוספים במדור בשפה האנגלית בהמשך הגיליון.



מימין: אמיר 4Z1AR, זאבן 4X4KX, אב המנזר, טים 4X1ST והאח דניאל, צולם ע"י זאב 4X5ZS



זאבן בלוך 4X4KX מסביר על הקרבות לכיבוש אזור לטרון מהצבא הירדני ב-1967



מסמכים נוספים מארכיון העמותה להנצחת חללי חיל הקשר והתקשוב

דניאל רוזן, 4X1SK

חברים,

מבקש להפנות תשומת ליבכם לחומר חדש שפורסם באתר העמותה להנצחת חללי חיל הקשר והתקשוב:

פענוח צפני היישוב בידי הבריטים : פורסמו עוד שני מסמכים –

תזכיר הגדרה – מברק פX:

https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Position_Report_1.01.pdf

העדר מודיעין גלוי מביך ומחייב סיפור כיסוי: התראה על הפלגת ספינת המעפילים ל"ה גיבורי גוש עציון:

https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Absent_Overt_Info_Emrrassing.pdf

לנוחיותכם, מצורפת רשימה של כל הפרסומים בנושא זה.

מירה בן-ארי – האלחוטנית האמיצה מניצנים:

https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/Mira_Ben_Ari_1.04.pdf

בשבוע שעבר קיים הרמטכ"ל טקס הערכה לשתי אלחוטניות שנפלו במלחמת העצמאות, מירה בן-ארי והדסה למפל. ראו נא הודעת דובר צה"ל:

<https://www.idf.il/88408>

באתר העמותה מאמר של שרי גל על הדסה למפל, ראו:

http://amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/olive.pdf

הנחיות למחברים ועורכים: נוספו הנחיות להגשת מאמרים וכתבי יד לפרסום באמצעות

העמותה. https://www.amutakesher.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/1.0.pdf

זה היה בימי הרדיו...

ממש החודש לפני 75 שנה התפרסמה ידיעה בעיתון המשקיף – 14/1/1948. על תחנת רדיו (פירטית מבחינת שלטון המנדט הבריטי) היה זה בדיוק ארבעה חודשים לפני הכרזת המדינה. ואז פעלו כמה תחנות בגלים קצרים והשמיעו מוסיקה עברית מתקליטי 78... כוכב התקופה היה יוסף גולנד, אשר היה שר בעברית עם מבטא קצת יידישיסטי, קולו היה נשמע יפה וצלול – הסתבר שאת ההקלטות הוא עשה בלונדון ולא בא"י הקטנה. אחד השירים המוזכר כאן הוא: **"דודה הגידי לנו כן!"** אגב, אפשר היה לבנות את המשדרים האלה די בקלות כיוון שהתרחימים שלהם פורסמו בחוברת "טכניקה ומדע לנוער" באותה התקופה.



האזינו
לקול הירח
תחנת השידור
של הנוער הארצישראלי המגויס

כל שבת החל משעה 3.30 אחה"צ עד שעה 6 בערב תכניות מוסיקליות תכנית כבקשתך. משוט באולמות בקורת הסרטים הומור וסרירה מענייני דיומא.

אמנות בגלים קצרים...
כמה צעירים, חובבי רדיו, הקימו לעצמם תחנת-שידור פרטית בגלים קצרים, ומדי שבת הם "מנעימים זמירות", מבלי שהממשלה תשלח לעומתם גלי-הפרעות...
השידור מנוהל בנוסח רדיו ירושלים, וכמו בן לא חסרה בו ההודעה הרגילה "בגלל סבות טכניות שאינן תלויות בנו".
וכך נפתח השידור בשבת האחרונה: "בגלל סיבות טכניות שאינן תלויות בנו, לא הגיע הפטיפון במועדו, אולם מיד עם הגיעו נפתח בשידורנו המוסיקלי"...
וכשהגיע הפטיפון (ואתו, כנראה, רק תקליט אחד!) הודיע קול נער רך בשנים: "עכשיו תשמעו את יוסף גולנד בשיר השוטר". אחר שיר זה השמיעה "התחנה" את "דודה" וה' מומנט הפיקנט ביותר היה בהודיע הכרוז: "ועכשיו, לפי בקשה מיוחדת של רינה וימימה (או שמות אחרים, איני זוכר) שהן בחרות איזון – עוד פעם, שיר השוטר..."
אכן, נראה שגולנד פופולארי גם ברדיו המחותר. המוסיקאית"...

תודה לאהוד זגר 4Z4RU על משלוח החומר המעניין ועל הרעיון לפתוח מדור חדש זה.



בניית אנטנת לופ מגנטית

בנה וסיפר – יעקב סימן טוב 4Z5YS
הקדמה וקצת פרפראות – צביקה 4Z1ZV

אנטנת לופ מגנטית – כמה ולמה?

כידוע קרינה אלקטרומגנטית מורכבת מרכיב של שדה חשמלי ורכיב של שדה מגנטית הנצבים זה לזה ומתקדמים בתוך, מה שנקרא התפשטות גלים.

האנטנה הקלאסית, כמו האנכית, הדיפול ושאר המוטציות קולטות את שני הרכיבים הללו והופכות אותם לזרם ומתח הזורם בקו התמסורת.

לאנטנות הקלאסיות בתחום הת"ג יש לפחות שני אתגרים – הגודל הפיזי וקליטת רעשים מעשה ידי אדם בסביבה עירונית. רעשים אלו ברובם משפיעים על רכיב השדה החשמלי.

אנטנת לופ מגנטית קולטת בעיקר את השדה המגנטי ולכן מושפעת הרבה פחות מרעשי סביבה, גודלה קטן משמעותית מהאנטנה הקלאסית וניתן להפעילה אפילו מתחת לגג רעפים או אפילו בבית.

חסרונה הוא ברוחב סרט "מזערי" הדורש כוונן מדויק, אימפדנס גבוה מאוד בתדר התהודה, וכפועל יוצא, בשידור עשויים להתפתח בא מתחים גבוהים ביותר הגורמים לפריצת הקבל שיתואר בהמשך, ולכן מקובל להשתמש בקבליי וואקום העומדים במתחי פריצה של אלפי וולטים ויותר.

גישה נוספת, היא להשתמש באנטנת הלופ המגנטית לקליטה בלבד, ואת השידור לבצע באנטנה רגילה. זה יאפשר "לדוג" אותות הנבלעים ברעש הרקע ולקבל שפור דרמטי ברגישות הקליטה. ומכאן מתחיל סיפורו של חברנו סימן טוב שבנה והתלהב מהאנטנה הזאת.



אנטנת הלופ – מבט כללי

היי. כאן סימן טוב 4Z5YS אני מבקש להציג בפניכם את האנטנה שבנית, שהרבה מכם שמעו עליה, אך רק מעטים ניסו לבנות אותה ומדובר על MLA – "מגנטיק לופ אנטנה". לאנטנות מסוג זה יש יכולות טובות בקליטה - אך בשידור יש להן מגבלות הספק. אין להן תחליף כאשר מדובר במגורים שאין בהם מקום להרמת אנטנה סטנדרטית. אין מדובר על אנטנה לעניים, אלא באנטנה בעלת ביצועים טובים !



הלופ הקטן עם קופסת החיבור לקואקס

האנטנה מורכבת משתי לולאות העשויות מצינורות נחושת: האחת גדולה, המהווה מעגל תהודה והשנייה קטנה המחוברת לכבל קואקס, המחובר לכניסת האנטנה במקמ"ש. לאנטנה זו יש רוחב פס של 50 קה"ץ שניתנת לכיול לתדרי ה-HF הנ"ל. זמן הבניה הוא כ-8 שעות ועלות החומרים נמוכה. לבניית אנטנה שתכסה את תחומי ה-10, 12, 15, 17, 20 ו-30 מטר.

נדרש הציוד הבא:

- (1) צינור נחושת בקוטר 15 מ"מ, באורך כ-2.5 מטר נמכר בגלילים בחנויות לכלי עבודה.
- (2) כחצי מטר צינור נחושת בקוטר 10 מ"מ נמכר בחנויות כנ"ל.
- (3) מחברי קואקס זכר ונקבה ממה שיש לכם במלאי.
- (4) כבל קואקס מיני 8 יספיק, אפשר גם RG213.
- (5) שתי קופסאות פלסטיק אטום למים, הגודל נקבע לפי מידות הקבל והמנוע. ברור שקבל ואקום ידרוש קופסה גדולה יותר.
- (אני השתמשתי בקופסאות בגודל של: 15 x 15 x 5 ס"מ)
- (6) קופסת פלסטיק כנ"ל עגולה בקוטר של כ-6-7 ס"מ.
- (7) סיליקון לאיטום.
- (8) לוח עץ שיתמוך במבנה הכללי של הלופ ומוט עץ 5 על 5 ס"מ באורך 2 מטר או חצובה לפי הצורך. תלוי היכן ממקמים את הלופ. במרפסת בוודאי שחצובה תתאים יותר.
- (9) מנוע DC 12V וולט או כדומה, המסתובב 1 rpm
- (10) קבל משתנה (סיבובי) 300 פיקופרד עמיד למתח גבוה.
- (11) כבל קואקס וחוט דו גידי באורך הנדרש מהרדיו לאנטנה.

הוראות בנייה:

צינור הנחושת העבה וצינור הנחושת הדק מגיעים מגולגלים, לכן קל מאוד לכופף אותם לצורת עיגול מושלם (גם לא מושלם זה טוב), אורך הצינור יהיה 2.5 מטר. לא להפגיש את הקצוות אלא לשמור על מרווח של כ 5 ס"מ ביניהם.



אני הלחמתי בעזרת מבער וחוט כסף שני חוטי נחושת 1.5 מ"מ באורך שיספיק לי להגיע לנקודות ההלחמה של הקבל הסיבובי, ורק אז השחלתי את הקצוות לתוך החורים שקדחתי מבעוד מועד בקופסה. את החור יש לקדוח לקוטר מעט גדול יותר כדי שהחוטים המולחמים יעברו בו. למי שאין מבער יחבר בצורה מכנית את חוטי החשמל באמצעות בורג, זה יעבוד. ציר הקבל יעבור מבעד לדופן הקופסה בצורה שתתאים לחיבור מחבר (קופלר) מחומר מבודד.

אצלי הקבל הוא בעל ציר פלסטי. למי שיש קבל כזה לוסטרקלמרה בקדח הנכון יתאים לו.

את הקופסה יש לחבר בעזרת שני ברגי עץ ללוח, מתחתיו במרחק המתאים את geared motor כאשר גם הציר שלו בולט החוצה מדופן הקופסה ומוצב במקביל ובמדויק מהציר של הקבל, ואחרי המיקום לחבר גם את הקופסה השנייה ללוח.

להרכבת הלולאה הקטנה: אורך ההיקף הוא חצי מטר. יש לקדוח בקופסה העגולה שני חורים, להלחים שני חוטים קצרים לקונקטור, לקדוח במרכז הקופסה חור ולהוציא את התבריק החוצה ולחבר אותו בעזרת ברגים ללוח, ואז להכניס פנימה את הלולאה הקטנה ולהלחים. (ניתן להלחים את החוטים מחוץ לקופסה ואז להשחיל את קצות הצינור המגולגל. לחזק את הלולאות ללוח העץ בעזרת מצמדי פלסטיק. רק לאחר סיום החיבורים ובדיקתם, אפשר לסגור את המכסים. בתמונות המצורפות אפשר להבחין בפרטי תהליך ההרכבה, ואיך האנטנה אמורה להיראות.

הערה: חיבור מתח של 12V למנוע, מאפשר כיוון עדין של הקבל לתדר הרצוי של הלופ.

תשקיעו מעט זמן, זה בהחלט כדאי. 73! 4z5ys de

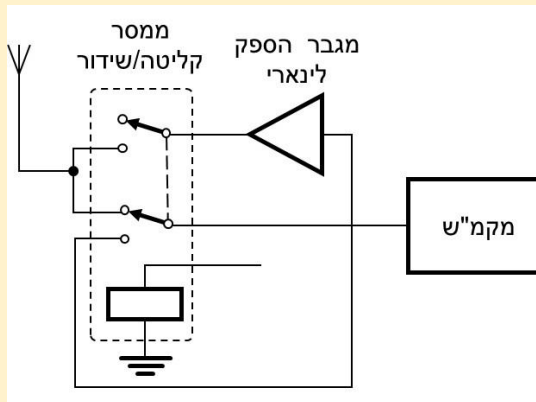


שקט ומהיר: מיתוג קליטה/שידור אלקטרוני דניאל רוזן, 4X1SK

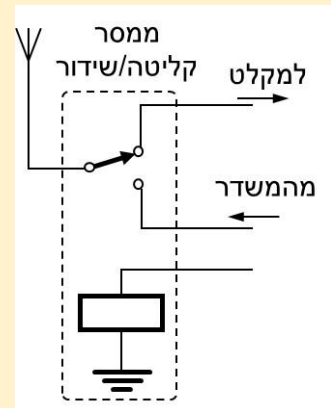
מבוא

בציוד חובבים מודרני, המיתוג בין קליטה לשידור, פונקציה בסיסית בכל מקלט/משדר ובכל מגבר הספק המשרת חובבי רדיו, עבר שינוי מהותי בהשוואה לציוד מדורות קודמים: בציוד מדורות קודמים המיתוג נעשה באמצעות ממסרים אלקטרומכניים. בציוד המודרני המיתוג הוא אלקטרוני, באמצעות דיודות PIN או מעגלי GaAs MMIC.

הטכנולוגיה מוכרת עוד מתחילת שנות השמונים, אך חובבי רדיו לא עשו בה שימוש רב.¹ זמינות רכיבים איכותיים בעלויות נמוכות הביאה לכך שהם שולבו בציוד מודרני המיועד לחובבי רדיו, והשימוש בהם מגדיל את אמינות הציוד, מאפשר מיתוג שקט – ללא הנקישות של הממסרים האלקטרומכניים, ומיתוג מהיר – נושא חשוב למימוש פרוטוקולים ספרתיים מתקדמים ו'התפרצות' בקליטה ושידור באיתות מורס,² מצמצם את נפח הציוד ומוריד עלויות.



ממסר קליטה/שידור אלקטרומכני במגבר הספק לינארי



ממסר קליטה/שידור אלקטרומכני במקמ"ש

איור מס' 1: ממסרי קליטה/שידור אלקטרומכניים

המיתוג האלקטרומכני, באמצעות ממסרים, מוכר לכולנו. המיתוג האלקטרוני מבצע פונקציה זהה. איור מס' 1 מציג מעגל חשמלי של ממסר במתגי קליטה/שידור אלקטרומכניים.

¹ ראו מאמר בנושא בירחון QST, מרץ 1981.

² בקשר באיתות מורס, 'התפרצות', בלועזית Full Break-in או QSK, היא האפשרות של תחנה משדרת לקלוט את התחנה מגד בין שידור הקווים והנקודות או בין שידור המילים.

QSK הוא Q Code שמשמעותו: I can hear you between my signals; break in on my transmission.

מה הן הדרישות ממתג קליטה/שידור בציוד חובבי רדיו?

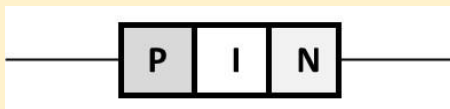
מתג קליטה/שידור בציוד חובבי רדיו אמור לענות על מגוון רחב של דרישות: הדרישה המרכזית היא חיבור (בין המקלט לאנטנה, בין המשדר לאנטנה) בניחות נמוך; דרישה חשובה לא פחות היא ה'בידוד' (Isolation), ניחות אות המשדר המגיע למבוא המקלט, לרמה כזו שלא תגרום נזק למעגלי המקלט הרגישים. דרישה חשובה נוספת היא לא לעוות את האות העובר במתג, כדי לא לפגוע בביצועי המקלט או ביצועי המשדר. בין היתר חשוב שהמתג לא יגרום לרעש בקליטה, וכי זמן המיתוג (משך המעבר מקליטה לשידור, משידור לקליטה) יהיה קצר. כמובן שהמתג חייב להיות בעל יכולת לשאת בזרם ובמתח במוצא המשדר.

זמן המיתוג נקבע על ידי מעגלי הבקרה השולטים על פעולת המתג האלקטרוני, ובדרך כלל מתבצע תהליך סדור של ניתוק נתיב הקליטה לפני חיבור נתיב השידור, או ניתוק נתיב השידור לפני חיבור נתיב הקליטה. ממסר אלקטרומכני מבצע מיתוג מקליטה לשידור תוך 10 עד 20 מילישניות. מיתוג אלקטרוני עושה זאת תוך 1 עד 2 מילישניות.

מיתוג עם דיודות PIN

בעת הזו, דיודות PIN הפכו להיות ה'נורמה' ביישום מיתוג קליטה/שידור במגברי הספק המשמשים חובבי רדיו, במיוחד במעגלים עם הספק גבוה בתדר רדיו.

דיודת PIN שונה מדיודת PN 'רגילה', בכך שבין שכבת ה'P' (חומר מוליך למחצה בו נושאי המטען החופשי הם 'חורים' – Holes) לבין שכבת ה'N' (חומר מוליך למחצה בו נושאי המטען החופשי הם אלקטרונים) מוחדרת שכבה של חומר כמעט 'טהור' שאיננו 'מסומם', שכבת I (Intrinsic). מבנה עקרוני של דיודות PIN, בהשוואה לדיודת PN, מוצג באיור מס' 2.



דיודת PIN

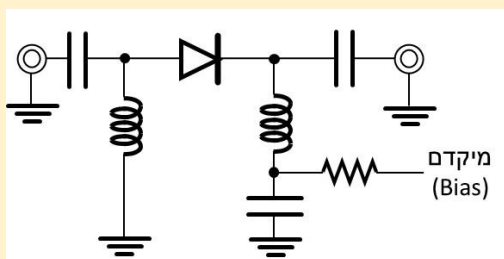


דיודת PN

איור מס' 2: מבנה עקרוני של דיודות

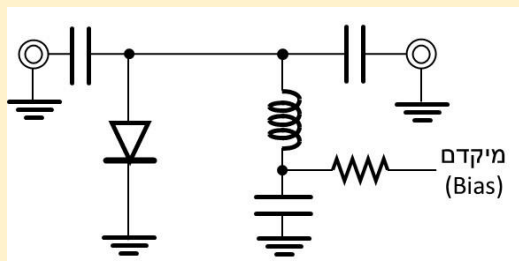
דיודת PIN פועלת בדומה לדיודת PN 'רגילה', אך תוספת שכבת 'I' מביאה לכך שבעת ההולכה (מיקדם חיובי) יש לדיודה עכבה נמוכה מאוד (פחות מאוהם בודד), ובעת הניתוק (מיקדם שלילי) יש לדיודה עכבה גבוהה (יותר מ-10 קילואוהם) וקיבול נמוך מאוד (בדרך כלל – פחות מפיקרפאראד בודד). בעת ההולכה, הדיודה יכולה להעביר זרם גבוה בתדר רדיו, גבוה פי כמה מהזרם הישר העובר דרכה. תכונות אלה מתאימות למיתוג בתחום תדרי הרדיו: הדיודה עוברת בזרם עירור נמוך למצב 'מופעל' (on), ועוברת למצב 'מופסק' (off) במתח הפוך של וולטים בודדים.

עם דיודות PIN ניתן לממש מעגלי מיתוג שונים בתדר רדיו: מעגל 'טורי', בו הדיודה היא חלק מנתיב האות, מעגל 'מקבילי', בו הדיודה 'מקצרת' את נתיב האות, ומעגל משולב, 'טורי' ו'מקבילי'. יש המתברים שתי דיודות PIN בטור, כדי להקטין את הקיבול כאשר הדיודות לא מוליכות. מרשם עקרוני של מעגלי המיתוג הבסיסיים מתואר באיור מס' 3.



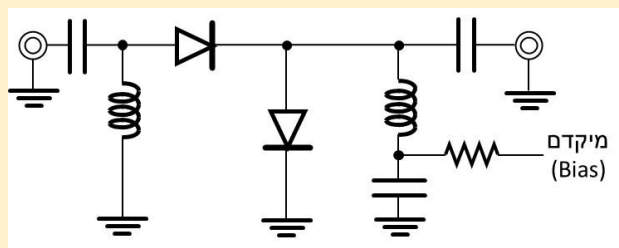
מעגל מיתוג עם דיודת PIN בטור לאות הת"ר.

כאשר המיקדם חיובי, אות הת"ר חסום. כאשר המיקדם שלילי, אות הת"ר עובר.



מעגל מיתוג עם דיודת PIN במקביל לאות הת"ר.

כאשר המיקדם חיובי, אות הת"ר חסום. כאשר המיקדם שלילי, אות הת"ר עובר.



מעגל מיתוג משולב, עם דיודת PIN בטור לאות הת"ר ודיודת PIN במקביל לאות הת"ר.

כאשר המיקדם חיובי, אות הת"ר חסום. כאשר המיקדם שלילי, אות הת"ר עובר.

שילוב שתי דיודות PIN מגדיל את ניחות אות הת"ר בעת החסימה.

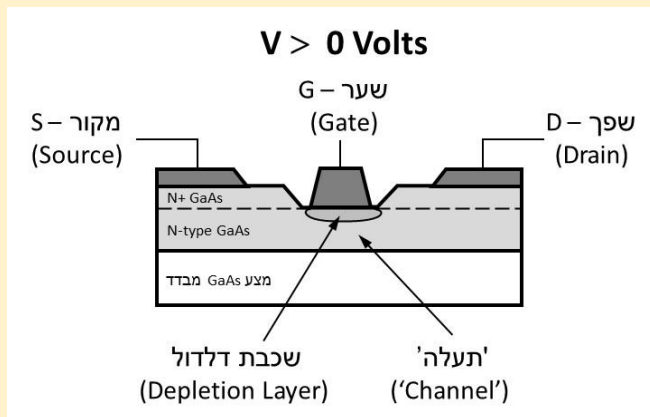
איור מס' 3: מעגלי מיתוג תדר רדיו בסיסיים עם דיודות PIN

כמובן שניתן לשלב בין מעגלים אלה כדי לענות לצרכים הייחודיים של הציוד, כפי שנמחיש בדוגמאות בהמשך.

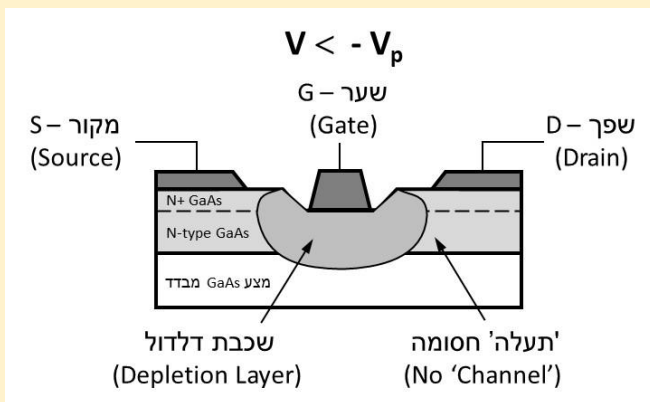
מיתוג עם רכיבי GaAs MMIC (Gallium Arsenide Monolithic Microwave Integrated Circuit)

רכיבים אלה, המיוצרים בכמויות גדולות עבור ציוד לרשתות אלחוטיות ביתיות (WLAN) וציוד סלולרי, מצאו שימוש גם בציוד של חובבי רדיו, במיוחד במקמ"שים בהספק נמוך (QRP).

רכיבים אלה הם למעשה מימוש של מספר טרנזיסטורים תופעת שדה (Field Effect Transistor) FET על אותו מצע (Substrate), כאשר על המצע מממשים גם את מעגלי הפיקוד. טכנולוגיית המימוש הייחודית של הטרנזיסטור מאפשרת יישום 'קצר' או 'נתק' לפי מתח השער, היוצר 'שכבת דלדולי' (Depletion layer) בה אין תנועה של נושאי מטען חשמלי, ושכבה זו מנתקת את הערוץ בין המקור לשפך, כמתואר באיור מס' 4.



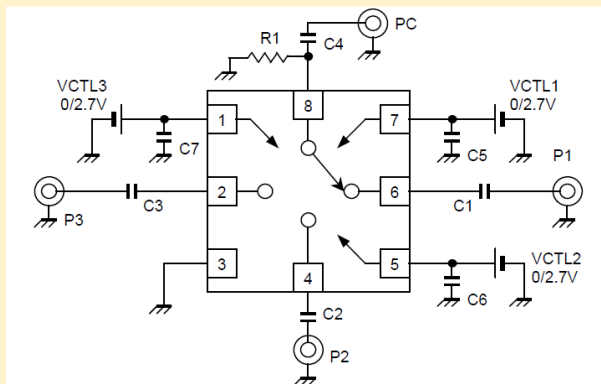
מתח שער חיובי: טרנזיסטור מוליך –
'ערוץ' (Channel) בהתנגדות נמוכה מאוד



מתח שער שלילי: טרנזיסטור חסום –
ה'ערוץ' פוצל ואיננו מוליך, והתנגדותו גבוהה מאוד

איור מס' 4: טרנזיסטור תופעת שדה MOSFET במתג GaAs MMIC

רכיבים אלה מתאימים במיוחד למימוש מתג לתדר רדיו בהספק נמוך. בתחומי התדרים השימושיים לחובבי רדיו (מ-1.8 עד 500 מה"ץ), רכיבים אלה מציגים בידוד (Isolation) טוב מזה שניתן למימוש עם דיודת PIN, אך הם מוגבלים בהספק המירבי שהם יכולים לשאת.



מעגל חשמלי



זיורד

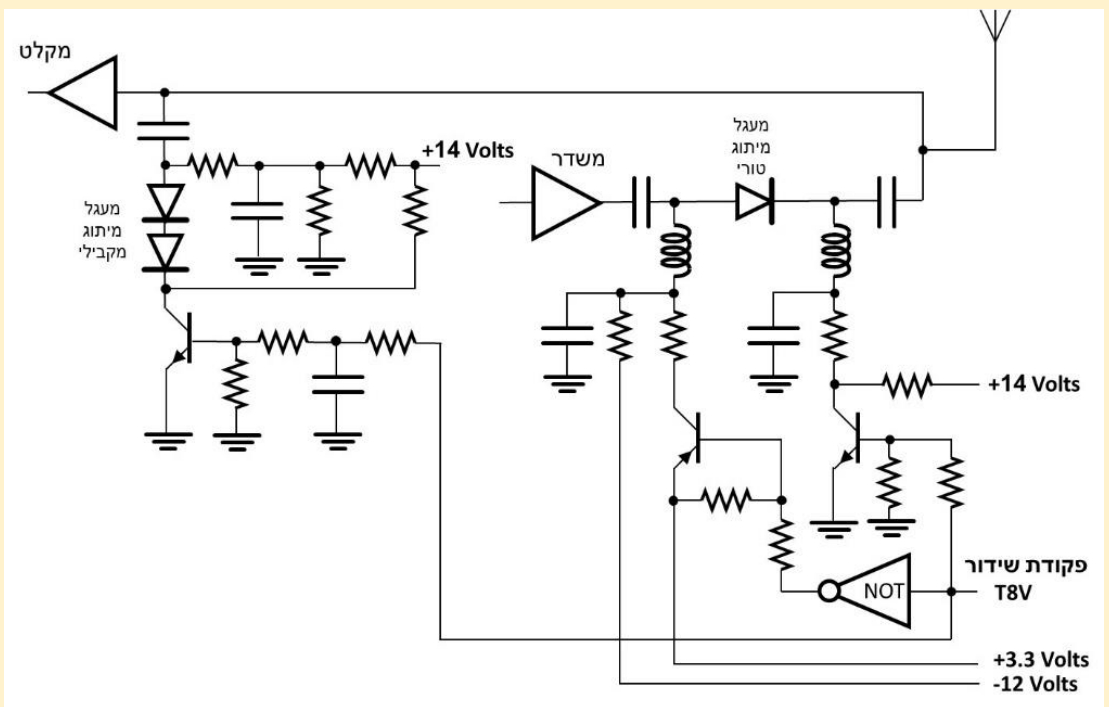
מתג
NJG1650HB6
בטכנולוגיית
GaAs MMIC
המשמש כמתג
קליטה/שידור
במקמ"ש ICOM
IC-705

איור מס' 5: מתג GaAs MMIC המתאים לציוד חובבי רדיו בהספק נמוך

מיתוג קליטה/שידור אלקטרוני בציוד חובבי רדיו

שימוש במיתוג אלקטרוני, במקום ממסרים, הפך בשנים האחרונות להיות הנורמה המקובלת בעולם חובבי הרדיו. רוב המקמ"שים והמגברים הלינאריים המודרניים משתמשים במיתוג קליטה/שידור אלקטרוני.

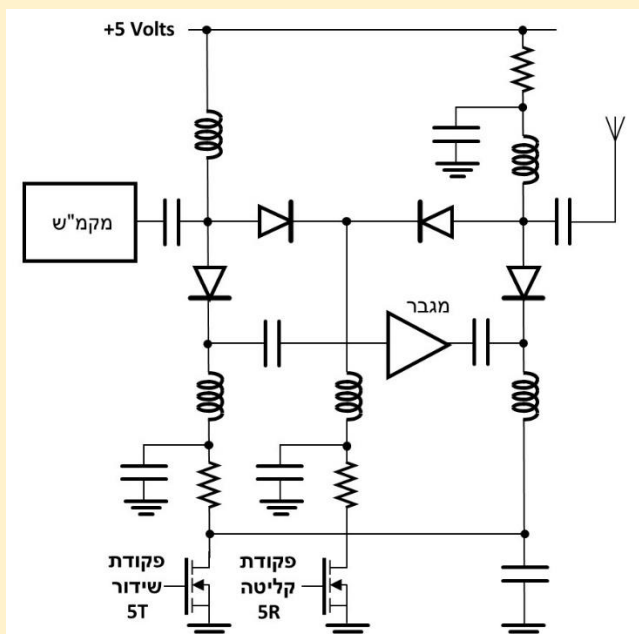
לסיכום, נמחיש את הנושא באמצעות הצגת מספר דוגמאות: האחת היא מימוש מתג קליטה/שידור במקמ"ש IC-7610 מתוצרת ICOM – במקמ"ש זה הותקן מעגל מיתוג מקבילי במבוא המקלט, כדי לצמצם כל פגיעה אפשרית בביצועי המקלט, ומעגל טורי במוצא המשדר. השנייה היא מימוש מתג קליטה/שידור במגבר הספק לינארי KPA 500 תוצרת חברת Elecraft – במגבר זה הותקן מעגל טורי עם ארבע דיודות, שתיים במסלול הקליטה ושתיים במסלול השידור (במבוא ובמוצא של המגבר עצמו).³ מעגלים אלה מתוארים באיור מס' 5 ו-6.



איור מס' 5: מימוש מתג קליטה/שידור במקמ"ש ICOM IC-7610

מעגל מיתוג מקבילי משתיק (Mute) את המקלט. מעגל מיתוג טורי מחבר את המשדר לאנטנה.

³ במגברי הספק לינאריים מקובל להתקין גם ממסר אלקטרומכני, כדי שאותות הת"ר 'יעקפו' (Bypass) את המגבר כאשר הוא איננו מופעל.

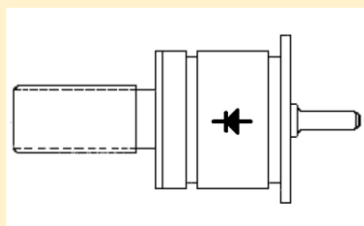


מעגל המשלב שני
מעגלי מיתוג
טוריים: בקליטה
מקיימים נתיב ישיר
בין האנטנה
למקמ"ש, בשידור
מחברים את המגבר
בין המקמ"ש
לאנטנה.

מיתוג הדיודות
נעשה באמצעות
רכיבי MOSFET

איור מס' 6: מימוש מתג קליטה/שידור במגבר הספק לינארי Elecraft KPA 500

במגברי הספק לינאריים להספק שידור גבוה (הספק השידור המירבי לחובבי רדיו בישראל הוא 1,500 ואט) נדרשת דיודת PIN מיוחדת במוצא מגבר ההספק, שכן היא צריכה לשאת בזרם הצפוי בהספק השידור המירבי. דוגמה לדיודה כזו מוצגת באיור מס' 7.



דיודת PIN מיוחדת
למיתוג בהספק גבוה.

דיודה זו יכולה לשאת
זרם עד 25 אמפר
ולפזר כ-50 ואט.

התנגדות הדיודה
בהולכה היא כ-0.1
אוהם



הדיודה כשהיא
מותקנת כמתג
קליטה/שידור במוצא
מגבר הספק.

איור מס' 7: דיודת PIN דגם MA4PK3001 תוצרת MACOM, מותקנת במגבר הספק RF2K-S תוצרת RF-KIT



ANALOG FREQUENCY SYNTHESIZERS

מאת: לאוניד שפיר 4Z4LS

כאשר רובו של ציבור החובבים שומע על סינתיסייזרים, פוחדים להתקרב במחשבות מלהתעסק בתחום בכלל. זה ברור כי בהפעלת מערכות כרוכה בהבנת התחום ובנושא תוכנה כנ"ל ובין היתר מדידות שונות בתחומי RF וניסיון מעשי בבנייה או העתקת מכלול ולא מדובר בפיתוח. לפני דריסת רגל להסברים, יש לציין כי סינתיסייזר תדרים נועד לשמור על יציבות תדר או תחום תדרים שנבחר ולתת למתנד לא לזוז מאותה נקודה שבה תדר נעול.

אם אני מתייחס לתחום קליטה, יש לזכור כי בעבר היו רק מקלטים אנלוגיים בעלי ידית או כפתור TUNING שאיתו היו משנים את תדר מתנד או מכוונים לתחנה הרצויה. מנגנון שהיה משנה את תדרי קליטה היה בד"כ מעגל תהודה שבו היה סליל וקבל משתנה. בתחומי קליטת FM היה מספיק גלגל שמחובר עם צירו של קבל משתנה ומערכת העטה VERNIER הייתה גורמת ליצור יחס בין מס' רב של סיבובי ידית כיוון תחנות לציר של קבל משתנה. היו מקלטים איכותיים שהמרת סיבוב הייתה 0,5:20 או גדול יותר, כדי לכסות את כל הסקלה ולכוון את התחנה בצורה עדינה מאוד. קשיחות של חוט הייתה גורמת לציר של קבל משתנה לא לזוז וזה בעצם עזר ליציבות תדר יחסית של מתנד.

כעבור שנים תצורה ומבנה של המקלטים השתנתה ואת קבל משתנה החליפה דיודה VARICAP אשר בשינוי מתח על פני מעבר שלה היה משתנה קיבולה וכך בעזרת נגד משתנה אפשר היה לשנות תדרים שמתנד מפיך. מתנד בעל תכונות הללו נקרה Voltage Controlled Oscillator - VCO. לכל דבר יש חסרונות ויתרונות. אם יציבות תדרי עבודה של מתנד הייתה תלויה בקשיחות הציר של אותו קבל סיבובי או טמפרטורה סביבה יציבה (שמשפיעה גם על סליל), אז דיודה VARICAP לעצמה לא יציבה ממש עקב תופעות מעבר. לכן חייב להיות מנגנון חיצוני שיוכל תמיד לתקן את סטיית מתחים על פני הדיודה, ואותה סטיה כמובן גורמת לשינוי תדר של מתנד כולו או תדרי עבודה של מערכת.

כדי לגרום לנעילת תדר עבודה, יש מס' דרכים פשוטות, אך דרך הכי מקובלת זה שימוש בסינתיסייזר תדרים. זוהי תרכובת תת מכלולים רבים ודי מורכבים ואותם אפרט בהמשך, כולל תצורה והסבר מפורט למה נועד כל תת-מכלול ומטרתו.

דרישות ממערכות סינתיסייזר תדרים.

* שינוי תדרים מהיר מאוד.

* זמני מיתוג תדרים קצרים.

* זמן התרסנות - SETTLING TIME, קצר יחסית.

* רוחב סרט יותר מאוקטבה.

* יכולת ברירת STEP במיליהרץ או הרצים בודדים.

* נתוני PHASE NOISE גבוהים.

* רמות הרמוניות וספוריוסים נמוכות.

* סינתיסייזר מבוסס PLL.

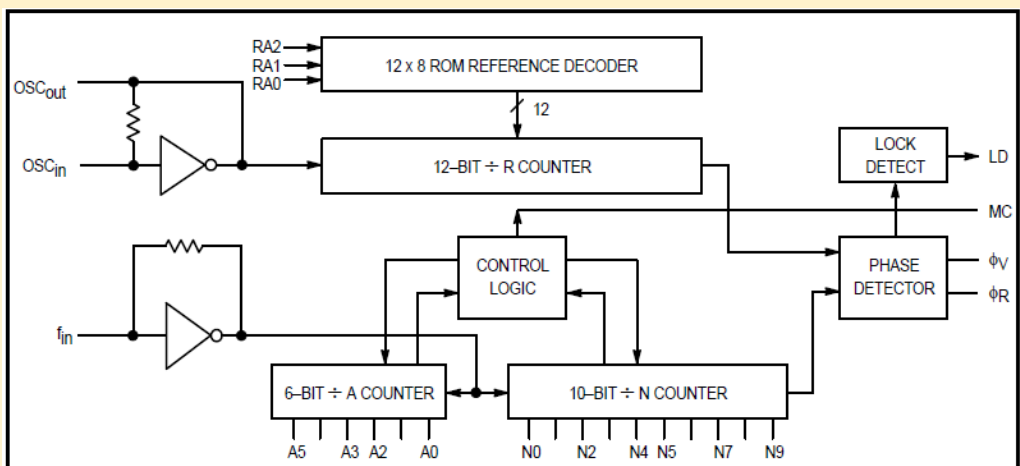
רכיבי PLL – PHASE LOCKED LOOP (לולאה נעולת פאזה), מאוד נפוצים וקיימים מזה כמה עשורים. רכיב PLL עצמו מכיל את גלאי פאזה-PHASE DETECTOR, מחלקי מתנד ייחוס- REF OSC ומחלקי מתנד מבוקר מתח- VCO ובחלק מהמקרים קיימת גם משאבת טעינה- CHARGE PUMP. בנוסף ישנו מערך לוגי עצום למיתוג מחלקי מתנדים וגם לבקרת נקודות דגימה שונות.

מחלקי תדר- כל יצרן מסמן אותם באותיות שונות A,N,M,B,R וזה לא משנה את העובדה כי הם מבצעים את אותה עבודת חלוקת תדרים פנימיים. גלאי פאזה זה ביסודו שער לוגי XOR או ערבל. במוצא של גלאי פאזה בד"כ מצוי ממיר תדר- מתח, אשר גורם לשינוי מתחי קו הכי רגיש V_t – הינו Voltage Tuning.

עקרון פעולת PLL.

עקרון פעולת רכיב PLL מכל סוג זה השוואת תדר מתנד VCO לתדר של מתנד ייחוס – REF.OSC. בד"כ מתנד ייחוס שקט מאוד ובעל תדר יציב מאוד, שעליו אין השפעות סביבה ולכן רעש פאזה שלו מעולה. תדר שלו נמוך – 10 או 50 מה"ץ (או משהו דומה). חלוקת תדרו לערך סופי תהווה את יכולת PLL לבצעה קפיצות או שינוי STEP וזה לזה שנכנס לגלאי פאזה. כמו כן מחלקים את תדרו של VCO לפני כניסתו לגלאי פאזה וכך נוצרת השוואת תדרים. כל ניסיון של הזזת תדר ע"י VCO מעל או מתחת לתדר רצוי מיידי תגרום לגלאי פאזה לשלוח מתח תיקון בקו V_t ותדר של VCO מתייצב. בחירת ערך חלוקה נמוך או תדר של גלאי פאזה גבוה יחסית זה בעיה, כי במקרה ותדר יזוז, תזוזה זו תהיה זהה לתדר חלוקה או תדר של גלאי פאזה.

קיימים רכיבי PLL בעלי תקשורת טורית או מקבילית. ברכיבי PLL טוריים, בעלי קווים I2C או תקשורת בעלת 3 קווי בקרה DATA, CLK, ENABLE. כדי להפעיל את שני הסוגים, דרוש ידע בכתובות תוכנה בשפת C++ או ASSEMBLY, לאומת זאת ברכיבים מקביליים, בעלי מס' רב של רגליים ופיקוד של כל מחלק, מכיל מס' ביטים וזאת בהתאם למבנהו. למרות שניתן בלי תוכנה, על בסיס רכיבים לוגיים בלבד ליצור מיתוג מונים, מערך רכיבים כאלו יכול לכלול כמה עשרות רכיבים לוגיים CMOS, TTL, ECL.

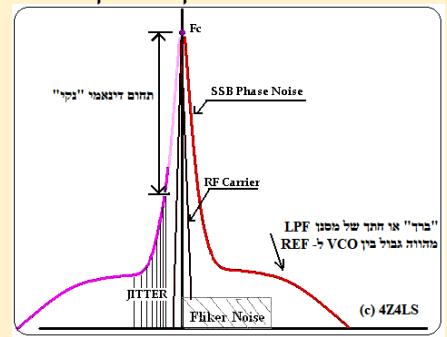
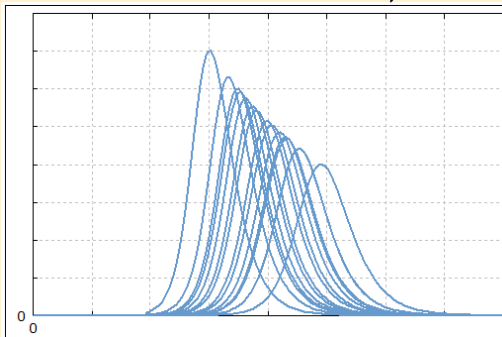


מבנה פנימי של רכיב MC14515X מתוצרת חברת MOTOROLA.

מושגים מקובלים וחשובים בתחום סינטיסייזר תדרים.

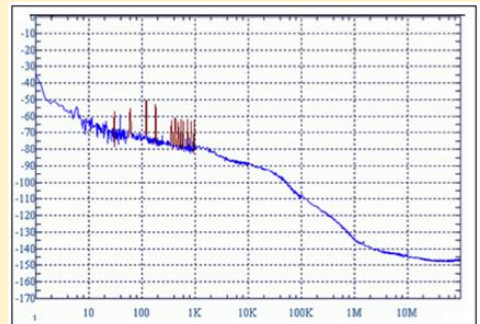
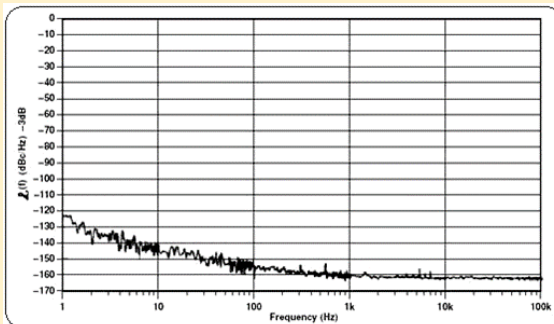
- * Phase Noise.
- * Settling Time.
- * Step Size.
- * Loop Filter.
- * Spectral Spur's.

גורם חשוב ביותר כאן זהו PHASE NOISE. הוא נמדד ביחידות dBc/Hz או dB/Carrier. איך נוצר PHASE NOISE? כל סוג של מתנד (מגבר מתח בעל משוּב חיובי), נוטה להתנדנד. על כך יש השפעות רבות של סביבה כמו טמפרטורה חיצונית, חימום עצמי של רכיבים שמהם בנוי מתנד ושינוי במתח, אפילו שהוא מיוצב. היום נהוג להציג נתון של JITTER במקום PHASE NOISE, כי JITTER מכיל מרכיבי רעש נוספים וזהו ערך משולב. בכל מקרה, אם לנסות להציג את SSB PHASE NOISE (אין כל קשר לסוג אפנון) בגרף של עוצמה ותדר, מתקבלת תמונה של "עץ אשוח" או "שמלה", אשר חלק שצמוד לציר התדר מתבדר ומלא ובחלקו עליון של CARRIER הוא נראה צר מאוד. אותו ריצוד אות יוצר את "עץ אשוח" או JITTER. תנודות אלו על ציר תדר במרחק של סקלה לוגריתמית בהרחקה מתדר המרכזי.



לדוגמה התבדרות של Carrier עקב אי יציבות והיווצרות של Jitter או Phase Noise

לדוגמה: תדר מקור הוא 10 מה"ץ, כאשר במרחק של 1 מה"ץ מ-Carrier נתוני PN=-150dBc/Hz, בהתקרבות ל-Carrier נתון זה "מתקלקל". למשל, אם במרחק OFFSET=1kHz, נתון של PN נמדד בערך -110dBc/Hz, ז"א שזה מכניס רעש עצמי למקלט שבו מופעל.

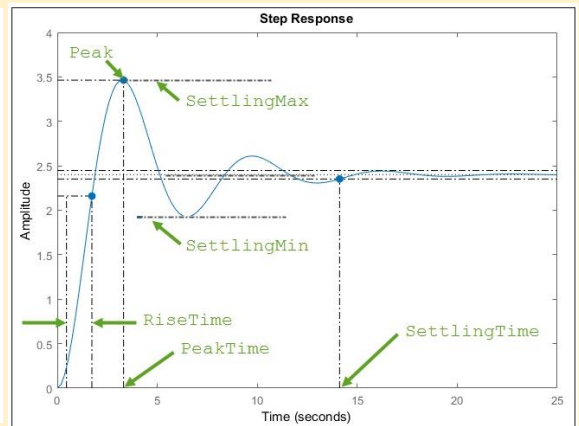
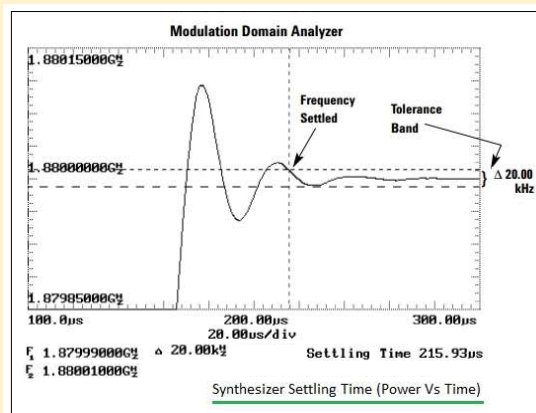


דוגמת גרף מדידת PHASE NOISE של מקורות תדר. מימין VCO, משמאל REF OSC

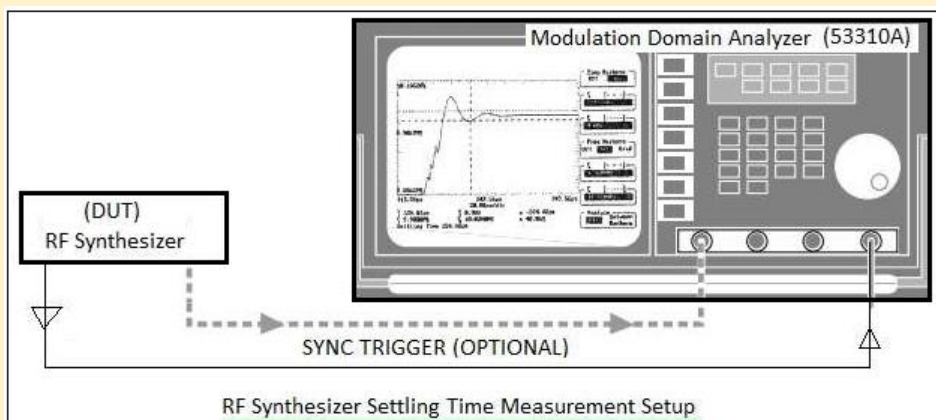
ככל שמתנד REF OSC "שקט" מבחינת PHASE NOISE, כך מחירו עולה. מחיר שלו גם תלוי ביציבות, אם כי קיימים מתנדים עם חימום או בעלי "תנור" OVENISED שבחימום קבוע נתוני יציבות תדר לא משתנים או שינוי הוא מזערי ממש.

SETTLING TIME - זמן התרסנות שמשפיעה על מהירות מיתוג בין תדר התחלתי לתדר סופי של סינתיסיזר עד נעילת תדר סופית. נניח סינטיסיזר מתוכנן לתום תדרים בין 500 MHz ל-1GHz. פקודה שתגרום ל-VCO לשנות את מתח בקו VTUNE, ובזאת מערך הנעילה יעשה תיקון מתח UP ו- DOWN סביב תדר סופי עד שלא תגיעה רגיעת CARRIER סופית ובזאת ניתן לומר שמתנד VCO נעול בתדר הדרוש. **SETTLING TIME** זהו זמן מיתוג בין תחילת קפיצה להתרסנות סופית. בד"כ במערכות טובות ערך זה נמדד ב-nsec – בקפיצה של כל התחום. מדידת **SETTLING TIME** ניתן לבצע בכמה דרכים:

TIME DOMAIN ANALYZER או עם **SPECTRUM ANALYZER**, במצב של ZERO SPAN, כאשר אמפליטודה של האות או עוצמתו מוצגים כנגזרת של זמן בציר התדר.



הצג מפורט על מדידת SETTLING TIME



תרשים חיבורים למדידת **SETTLING TIME** ע"י **TIME DOMAIN ANALYZER**

STEP SIZE – הינו דילוג תדר. מושג של דילוג זה למעשה קפיצת תדר (הוסבר מעל) שאני קובע במהלך תכנון מערכת סינטייזר תדרים. זה בעצם תדר של גלאי פאזה – PHASE DETECTOR כתוצר של מחלקים של VCO & REF בתוך רכיבי PLL. יש לציין כמה דברים חשובים, כי חלוקת תדר משפרת את רמת PHASE NOISE והכפלתו מקלקלת. כמו הכפלה, כל גם חלוקה מחושבים ב- $20\log(N)$, כאשר N זהו ערך של חלוקה או הכפלה. למה זה נרשם כאן ולא בהסברים על PHASE NOISE עצמו, כי דרך לקבלת תדר סופי במוצא של סינטייזר לפעמים מסובכת ולא תמיד זהו מוצאה של מתנד VCO עצמו. ישנם מקרים שאחרי חלוקה פנימית, יש צורך בערבוב עם מקור נוסף חיצוני או שימוש בערבול תדרים בתוך החזרת אות לגלאי פאזה. לכן כל חלוקה או הכפלה במקרה של שיבוש עבודה תקין, "תזרוק" את תדר של VCO ב- N פעמים של חלוקה או הכפלה.

LOOP FILTER – במערך של PLL זהו מעגל חיצוני. כמה שהוא פשוט, כך גם מורכב. מיקומו במעגל סינטייזר בין מוצאה של PHASE DETECTOR לקו V_t של VCO. האחרון זו נקודה הכי רגישה בסינטייזר כולו. יש לציין כי LOOP FILTER זה אחת המכלולים חשובים, אם לא חשובים ביותר בכל המערכת. LOOP FILTER זהו מסנן חותך נמוכים או LPF מסדר שני או שלישי, אכן מבנה יכול להיות פסיבי עם נגדים וקבלים או אקטיבי, על בסיס מגבר שרת בעל רעש עצמי נמוך מאוד. מעגל LPF זה ניתן לחישוב, ויש תלות רבה של תפקוד ונתוני מערכת סינטייזר בחישוב נכון של LOOP FILTER.

בעקרון כמו כל מסנן, גם מסנן זה הוא בעל השהייה והיא יכולה לגרום לצרות רבות במערכת. בחירת סוג ותצורתו. PHASE DETECTOR במוצא שלו יכול לכלול יציאה בודדת או דיפרנציאלית. במקרה אחרון, רצוי להשתמש במגבר שרת כבסיס למסנן זה.

LOOP FILTER זו תאוריה שלמה, אך היעודים העיקריים שלה הם: לקבוע PHASE NOISE של איזו ממתנד "להוציא" מחוץ ל"ברך" של חתך הפילטר. לנקות את כל תוצר מחלקים פנימיים. ניקיון ספקטראלי תלוי מתצורה או סדר של פילטר עצמו. נתון של SETTLING TIME זהו פשרה בין ניקיון ספקטראלי (של פילטר) לזמן התייצבותו של תדר לאחר קפיצת תדר מלאה.

SPECTRAL SPURS – ניקיון ספקטראלי של מערכת תלוי ישירות בניקיון של כל מרכיבי שרשראות שבהם קיים ערבול תדר, מחלק או מכפל חיצוני וגם ניקיון של מחלקים פנימיים של PLL עצמו. בנוסף ישנם מרכיבי הרמוניות שמייצר VCO ו/או REF OSC. מכון סינטייזר הינו מקור תדר ומחליף את מתנד עם קבל סיבובי, כל הגורמים מעל חייבים להוריד ככל שניתן.

המשך יבוא.



הפרעות הדדיות בהפעלות שדה

הפריע וסבל כאחד – צביקה סגל 4Z1ZV

אחד האתגרים בהפעלות שדה מרובות מפעילים הוא ההפרעות ההדדיות. במקרה הטוב שומעים את צפצופי ה-CW, יש פגיעה ברגישות הקליטה ובמקרי קיצון דרגת הכניסה של המקמ"ש הולכת לעולמה...

תופעה נוספת כתוצאה מהקרינה החזקה היא ניתוקים של כניסות USB במחשבים, השפעה על ספקי כוח ועד כדי אתחול מחשבים.

ההפרעה נובעת בדרך כלל מהשידור מאנטנה המשדרת הנקלט בעצמה רבה באנטנה אחרת ו/או מוקרן על קווי האספקות, ממשקי USB ומה לא.

שידור בו זמנית על אותו גל לא ניתן לסינון והדרך לאפשר זאת היא פשוט הרחקה משמעותית ברמה של ק"מ ויותר של האנטנות/התחנות זו מזו.

ההפרעות בגלים שונים נחלקות להפרעות מהרמוניות של התחנה המשדרת ו/או חדירה בהספק גבוה המכניס לרדיו את דרגת הכניסה של המקמ"ש הקולט. הפרעות בגלים שונים ניתן לסנן ונתמקד בהן בהמשך.

פתרון הבית ספר כולל את המרכיבים הבאים ואין חכם כבעל הניסיון:

- הרחקת האנטנות המשדרות זו מזו ככל שניתן וכן רחוק ככל שניתן מהתחנות ומהגנרטורים וקווי ההזנה לתחנות.
- תאום טוב ככל שניתן של האנטנות. אנטנה לא מתואמת הופכת את הקואקס המזין לאלמנט קורן.
- שימוש בבלון 1:1 בכניסות לאנטנה ואף למקמ"ש – זה מקטין משמעותית את הקרינה מהסיכוכים.
- במידה ומשתמשים במתאם אנטנה, הרי שעדיף למקם אותו בסמוך לנקודת ההזנה של האנטנה וכך כל קו התמסורת יהיה מתואם.
- הקפדה על משטר הארקות ככל שניתן לרבות יתד נחושת בסמוך לגנרטור.
- שימוש במסננים ופריטים על כל קווי האספקות (DC-AC) ועל כל הממשקים בין המחשבים והמקמ"ש לרבות קווי ה-USB.
- עבודה בהספקים נמוכים ככל שניתן
- לא להפעיל קדם מגבר במקמ"ש ואם ניתן אף להכניס מנחת בכניסה (למשל בגלים רועשים, ינחית את האות והרעש כאחד ולא יפגע בפענוח האותות)
- אם כל זה לא עוזר, נשאר למפות את ההפרעות ולעבוד בתורנויות לפי הגלים שפחות מפריעים זה לזה

שימוש במסננים

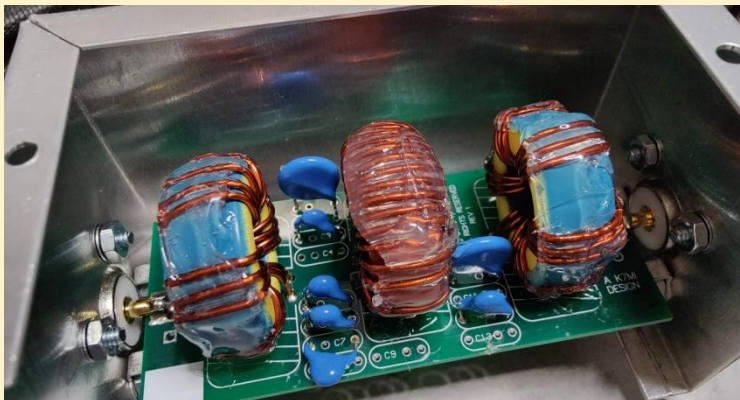
כאמור, שימוש במסננים אמור לאפשר עבודה בו זמנית בגלים שונים. כל תחנה מחברת מסנן מעביר פס לגל בו היא פעילה. המסנן יקטין את ההרמוניות בשידור, ובערוץ הקליטה ינחית את ההפרעות בגלים האחרים.

לדוגמה, המסנן שבתמונה מיועד לשימוש בתחום ה-40 מטר (7 מגה הרץ) והנחות שלו יהיה פחות מ-0.5 ד"ב. ב-80, 20 ו-15 מטר מוגדר הנחות שלו (חסימה) של 40, 60 ו-75 ד"ב בהתאמה.



המסנן הספציפי הזה בנוי מרשת פיי, כאשר בין הכניסה ליציאה יש מעגל תהודה טורי ל-7 מגה הרץ, ובענף הכניסה והיציאה שילוב של מעגל תהודה מקבילי ל-7 מגה הרץ ומעגלי תהודה טוריים לחסימת 14 מגה הרץ.

חקרתי קצת את המבנה המיוחד של המסנן הזה ביחד עם משה אינגר 4Z1PF, מאחר והמימוש נעשה באופן אפקטיבי עם סליל/שנאי בכניסה וביציאה ובאופן זה מיישמים מעגל תהודה מקבילי להעברת תחום ה-40 מטר, ומעגל תהודה טורי בתדר כפול, לחסימת תחום ה-20 מטר. כל זאת עם טורואיד אחד עם שני לפופים ביחס 2:1 וקבל אחד. חוסך מקום וכוון בזכות הקצעת תדרי החובבים שהם כפולות.



המבנה הפנימי של המסנן

אבל, כן, אבל, הבצועים של מסנן מוגדרים כאשר הכניסה והיציאה שלו מתואמים.
ברגע שמחברים מסנן כזה לאנטנה שאינה מתואמת, עקום ההיענות של המסנן עשוי להיות שונה לחלוטין.

בנוסף, עקב חוסר תאום קיצוני, יש מצב להתפתחות מתחים גבוהים במסנן. במעגל תהודה טורי, המתח על הרכיבים יהיה פי Q (גורם בטיב של מעגל התהודה), יגיע לאלפי וולטים ויגרם לפריצת הקבלים.

המסנן האמור, התגלגל אלי בהפעלת השדה האחרונה, וכנאה שחובר לאנטנת END FED לא מתואמת, וכבר בבדיקה חזותית ניתן היה לזהות לפות קבל טורי אחד מפויח כמעה.

מסקנה – מסננים מחברים אך ורק לאנטנה מתואמת, מקפידים לא לעבור את ההספק הנקוב, ובמידה ואנטנה אינה מתואמת, לחבר אותו בין המקמ"ש למתאם אנטנה חיצוני, אחרי שבצענו תאום.

שימו לב במקמ"ש עם מתאם אנטנה פנימי, יידרש במקרה האמור להוסיף מתאם אנטנה חיצוני.

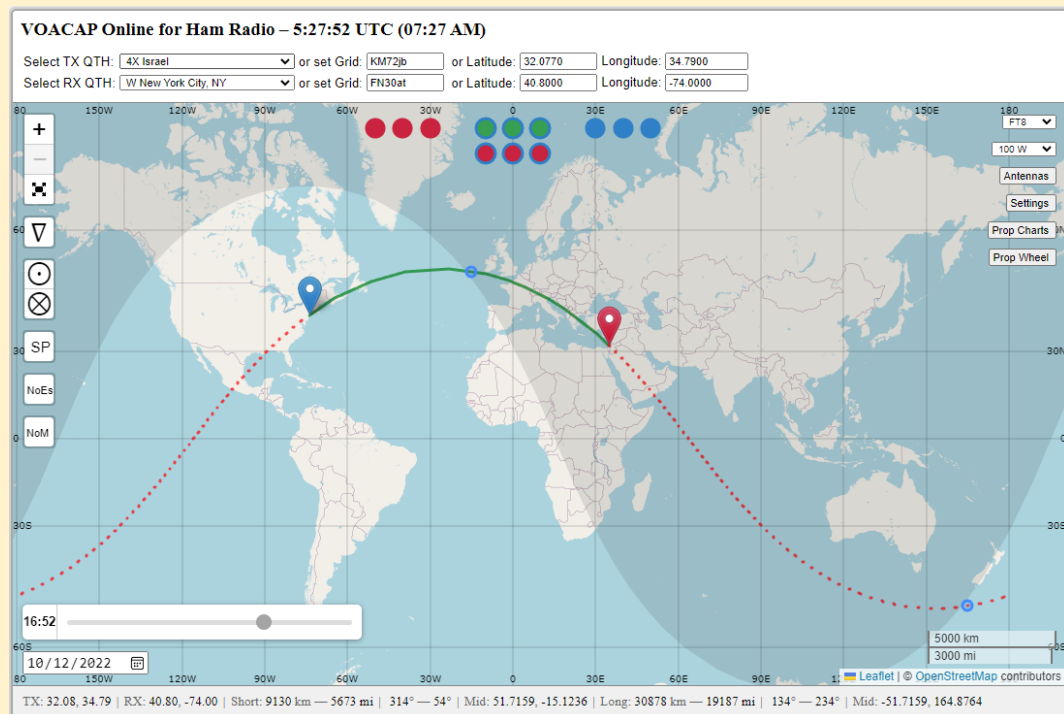


חיזוי התפשטות גלים בת"ג: יישום VOACAP דניאל רוזן, 4X1SK

תוכנת VOACAP (Voice of America Coverage Analysis Program) פותחה עבור ה־Voice Of America בשנות השמונים בידי מכון המחקר NTIA/ITS בארה"ב.⁴

התוכנה מבוססת על תוכנת IONCAP, סימולציה של היונוספירה, שפותחה במשך כעשור (1975 עד 1985) ב־U.S. Navy Research Laboratory, על בסיס עשרות שנות מחקר בתחום התפשטות גלים בת"ג.⁵ התוכנה הועמדה לרשות הציבור בשנת 1993, ונחשבת לכלי אמין לחיזוי התפשטות גלי ת"ג ביונוספירה.

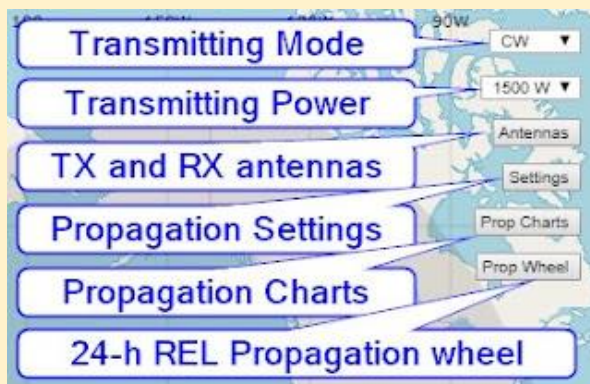
שלושה חובבי רדיו, יארי OH6BG, גיימס HZ1JW ויוהו OH8GLV, פיתחו בשנים 2010–2022 גרסת רשת של תוכנה זו,⁶ מותאמת לשימוש חובבי רדיו, הזמינה בכתובת: <https://www.voacap.com/hf>.



איור מס' 1: חלון ראשי של אתר VOACAP לחובבי רדיו

מוצג נתיב מהארץ לניוירוק, עליו התבצעו חישובי שתוצאותיהם מוצגים בהמשך. נבחר קשר ב־FT8, הספק שידור 100 ואט. התחנה המשדרת משתמשת באנטנה אנכית. התחנה הקולטת משתמשת ביאגי 3 אלמנטים.

השימוש ביישום זה מחייב דפדפן מודרני (Microsoft Edge, Mozilla Firefox או Google Chrome).
 כניסה לאתר מציגה את החלון הראשי (איור מס' 1). היישום מאפשר לקבוע את הפרמטרים של התחנה המשדרת והקולטת – מיקום, הספקי שידור, אנטנות בכל גל, אופן השידור (מורס, חד-פס, FT8 וכו'), לבחור את המועד הרצוי להקמת הקשר, לבחור 'מעגל קטן' או 'מעגל גדול', ועוד, בעזרת פקדים מצד ימין ומצד שמאל, כמתואר באיור מס' 2, ולבחור הצגת זמני זריחה ושקיעה בתחנה המשדרת, בתחנה הקולטת או במרכז הנתבי, כמתואר באיור מס' 3. הפרמטרים שנבחרו נשמרים כ'עוגיה' (Cookie) בדפדפן.



צד ימין



צד שמאל

איור מס' 2: שליטה על הפרמטרים של היישום



איור מס' 3: הצגת זמני זריחה ושקיעה (Grayline)

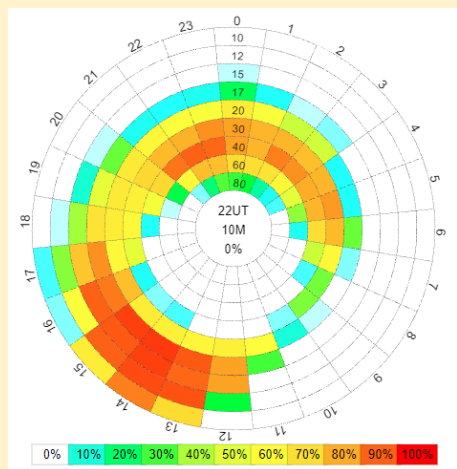
(1) משדר; (2) מרכז הנתבי הקצר (Short path); (3) מרכז הנתבי הארוך (Long path); (4) מקלט.
 ה'לחצנים' הירוקים בתחתית חלון היישום מאפשרים לבחור 23 'כלים' שימושיים (כמו חישוב מרחקים בין התחנות, זווית האנטנה, הצגת זריחת השמש ושקיעתה, ועוד) ודרכים שונות להצגת תוצאות החיזוי, החל ממרשמים 'מסורתיים' של הצגת תש"ע (תדר שימושי עליון – MUF) ותש"ת

(תדר שימושי תחתון – LUF), מרשם של אמינות הקשר בכל תחום חובבים (איור מס' 5) מרשמים מודרניים של 'גלגל חיזוי' (איור מס' 6), וכלה במפות כיסוי (איור מס' 7) ובטבלאות מפורטות של חיזוי אמינות הקשר.

Band-by-band	Best FREQ	REL SDBW SNR	SIG PD	SNR PD	Total	Year	QSO Window	Season	Antenna	TO Angle	Planner
Planner DIY	Distance	P2P Grayline	Sun M	Sun Y	MUF Map	REL Map	SDBW Map	DXCC Grayline	Space WX	EME	

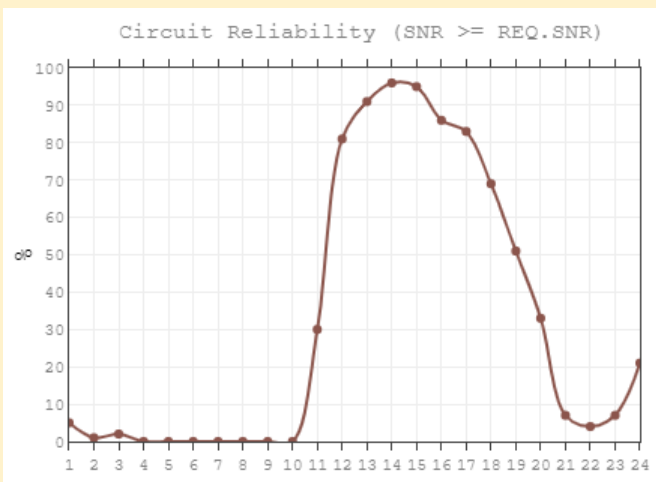
© 2010-2020 Jari Perkiomäki (OH6BG), James Watson (HZ1JW) and Juho Juopperi (OH8GLV) • [Questions?](#) • [User's Manual](#) • [Latest news](#)

איור מס' 4: 23 הכלים הזמינים למשתמש חיזוי נקודה לנקודה ומפות כיסוי.

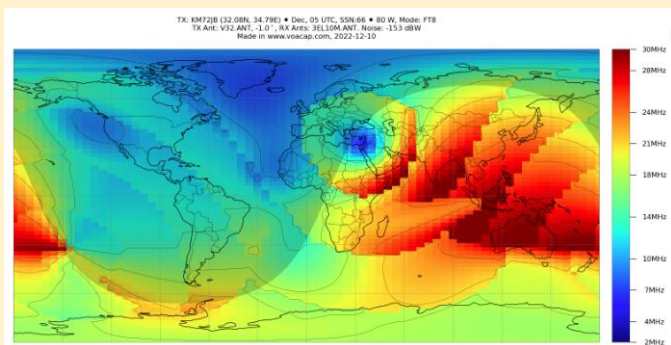


איור מס' 6: גלגל חיזוי

Prediction Wheel) מראה אמינות קשר בין שתי התחנות בנתונים שנבחרו לפי שעות היממה ותחומי החובבים השונים.



איור מס' 5: אמינות הקשר לפי שעות היממה, בתחום 17 מ'



איור מס' 7: מפת תש"ע (MUF) – מהתחנה המשדרת לכל נקודה על כדור הארץ לקשר FT8, בהספק שיזור 100 וואט, עם אנטנה אנכית, בעיתוי בו בוצע החישוב

בעת החישוב החיזוי איננו נעשה לפי מצב כתמי השמש בפועל, אלא לפי ממוצע חודשי עם תחזית לשישה חודשים קדימה (ניתן לשנות, ולבחור כתמי שמש בפועל). ניתן לבחור פרמטרים שונים, כמו

רעש רקע אלקטרומגנטי (מקום שקט או רעש עירוני), מודל התפשטות הגלים ועוד. כן ניתן להציג מדריך למשתמש (User's Manual), מפורט וברור.

היישום הוא כלי שימושי ויעיל בידי חובב רדיו המבקש לקבוע קשר עם חובב במדינה אחרת, לתכנן הפעלה באתר רחוק או לתכנן כיצד יפעל בתחרות, וכלי טוב כדי להבין כיצד שינוי בפרמטרים של התחנה (אנטנה, הספק שידור וכו') ישפיעו על ביצועי הקשר.

יש להדגיש כי יישום VOACAP משולב ביישום ה־DX Cluster הפופולרי <http://www.dxsummit.fi>. לחיצה על תחנת DX ביישום DX Summit מאפשרת, בין היתר, לבחור הצגת 'גלגל חיזוי' התפשטות גלים המחושב באמצעות VOACAP.

ניתן לחזות בסרט הדרכה על התוכנה בקישור הבא :

חלק 1 : <https://youtu.be/ARVDNP3vsJo>

חלק 2 : <https://youtu.be/qLUFu1b5mqo>



Welcome to the English language section for January 2023

Tim Scrimshaw 4X1ST

This month we report on the Holiday of Holidays activity over Hannukah/Christmas, and also a special get-together of English-speaking hams.

Holiday of Holidays

Over the years IARC has organized special event stations for Hannukah and Christmas. This year, the two holidays overlapped on the calendar, so for the first time we were able to celebrate both of them on the air.

4Z8NER ran over the 8 days of Hanukkah, December 18-26th. The team was organized by Mark 4Z4KX, and everyone operated from their home QTH. Ops were 4X1MM (Arthur), 4Z1DZ (Chanan), 4X6YA (Hilik), 4X1VF (Jan), 4Z4KX, 4Z5LA (Ros), 4Z5MU (Slava), 4X1ST (Tim), and 4X6GP (Victor). (Congratulations to Hilik, who is now an “alef”, but is keeping his very well-known callsign!)

The two Christmas stations were active from December 23rd-25th and were coordinated by Dov 4Z4DX.

4X8XMAS at the Salesian Monastery in Beit Jamal: 4X6ZM (Udi), 4X6YA (Hilik), 4X1BQ (Yossi), 4Z1VJ (Tamir), 4X4RD (Arnon), 4X5EH (Nachum), 4Z5SL (Dani), 4X4ZP (Ron), 4Z1DZ (Chanan)

4X9XMAS at the Trappist Monastery in Latrun: 4Z1AR (Amir), 4X1ST (Tim), 4X5ZS

(Ze'ev), 4Z4UO (Omer), 4X4KX (Zeban), 4Z4DX (Dov), 4X1VF Avri, 4Z5YI Itzik, Israel (4X1OM)

The IARC winter “tiul” group, led by Eli 4Z1NB visited the two sites as part of the trip. Special thanks to Zeban for arranging access to go on-air from these sites,

If you worked 4Z8NER plus either (or both!) of the XMAS stations, you're eligible for a certificate! To date, almost 1200 stations around the world have qualified. Click here to see if you're in the log: <https://iarc.org/christmas/>



Jerusalem Mini-Field Day & Antenna Party - by Howard 4X1ZZ

On Wednesday December 21, 2022, a Hanukkah mini-Field Day Antenna Party was held on my Jerusalem apartment balcony.

I decided to have a theme to this gathering, so I announced it as such. The theme was to build simple QRP portable antennas, test the antennas, and discuss them from a theoretical and practical viewpoint. (QRP power was chosen because my balcony could only host maybe 10 people maximum for safety and reduced exposure to RF).

Equally important was the social gathering aspect, to share amateur radio experiences and news about family and friends... and of course to celebrate Hanukkah with coffee & donuts!

I prepared two telescopic masts, rolls of wire/ cables, tools and an antenna analyzer. I told the participants they were welcome to come with their ideas and "one shopping bag" of their raw materials, antenna kits, coils, baluns and whatever... and some did!

As the party progressed, I noticed great team building skills in progress, practical experience for emergency communication skills, educational demonstrations to new hams, along with experimentation and mentoring by old hams.

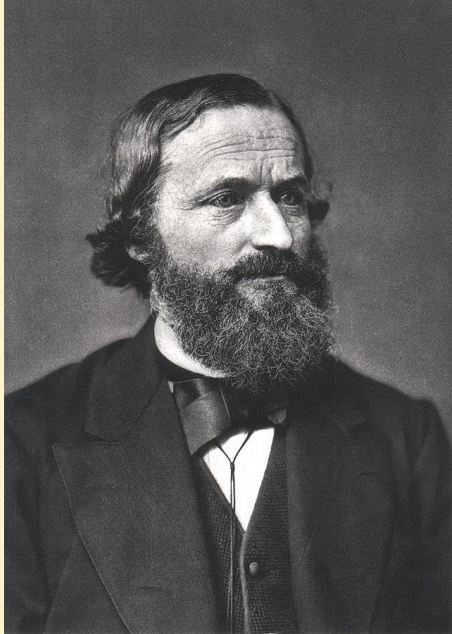
Antennas ranged from receiving antennas (both loop and vertical) to a QRP end-fed.

After a few hours on the balcony, the dark rain clouds approached so we moved indoors for a further "show and tell", espresso and donuts. In short, we all had a great time.



התגליות והחוקים של גוסטב קירכהוף

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



גוסטב רוברט קירכהוף, מדען ומהנדס חשמל מזהיר, פעל במאה ה-19 בכמה תחומי ידע בדומה לאנשי רנסנס רב תחומיים אחרים (למשל, כריסטיאן הויגנס, ג'וזף פון פראונהופר, אוגוסטין ז'אן פרנל, תומאס יאנג או ניקולא טסלה). תגליותיו התפרסו על שטחים שונים – מוליכות חשמלית, מעגלים חשמליים, אנליזה תרמית, נוכחות חומרים כימיים מסוימים בטבע ואף תורה מתמטית של גרפים.

קורות חייו של גוסטב קירכהוף

גוסטב רוברט קירכהוף (Gustav Robert Kirchhoff) היה פיזיקאי גרמני שתרם רבות להבנת המוליכות החשמלית, מעגלים חשמליים ואנליזה ספקטרוגרפית. נולד בשנת 1824 בקניגסברג פרוסיה (היום קלינינגראד רוסיה). אביו היה עורך דין ויחד עם אימו עודדו ההורים את גוסטב הצעיר לרכוש השכלה

גוסטב רוברט קירכהוף 1824-1887

גבוהה. בגיל 18 החל ללמוד באוניברסיטת קניגסברג. הוא הושפע מאוד מהמדענים פרנץ ניומן, קרל פרידריך גאוס ולודוויג אוטו הסה. בשנת 1845 פרסם את העקרונות בדבר זרמים חשמליים במעגל אלקטרוני, הידועים כשני חוקי קירכהוף.

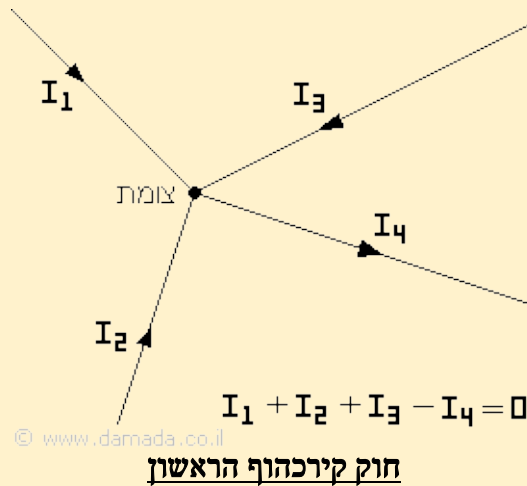
קירכהוף סיים עבודת דוקטורט בהנחיית הסה בשנת 1847 ובשנת 1857 גילה כי מהירות השידור של אותות רדיו המתפשטים בקווי טלגרף שווה למהירות האור. יחד עם הכימאי רוברט בונזן עסק באוניברסיטת היידלברג בתצפיות ספקטרוסקופיות על גופים חמים ועל השמש. השניים חקרו את תופעת פיצול האור לאורכי גל שונים – הספקטרום. בשנת 1859, אחרי מספר ניסויים בגזים שונים, ניסחו את המסקנה שלכל חומר יש ספקטרום שונה. בשנת 1861 הם חקרו את השמש וגילו כי מספר אורכי גל נבלעים על ידי השמש ואינם מוחזרים ממנה. בשנת 1862 טבע קירכהוף את המונח "קרינת גוף שחור" המהווה בסיס תיאורטי להבנת הרעש במערכות רדיו וניסח את שלושת חוקי הקרינה. הוא גילה את נוכחות הצזיום במים ואת נוכחות הרובידיום במינרל לפידוליט. בשנת 1862 קיבל את מדליית רמפורד על עבודתו הספקטרוגרפית. על שמו נקרא גם משפט קירכהוף בתורת הגרפים.

גוסטב קירכהוף נישא לקלרה ריכלוט אשר נפטרה בגיל צעיר יחסית והשאירה אותו לגדל את חמשת ילדיהם. לאחר מכן נישא בשנית ונפטר בברלין בשנת 1887.

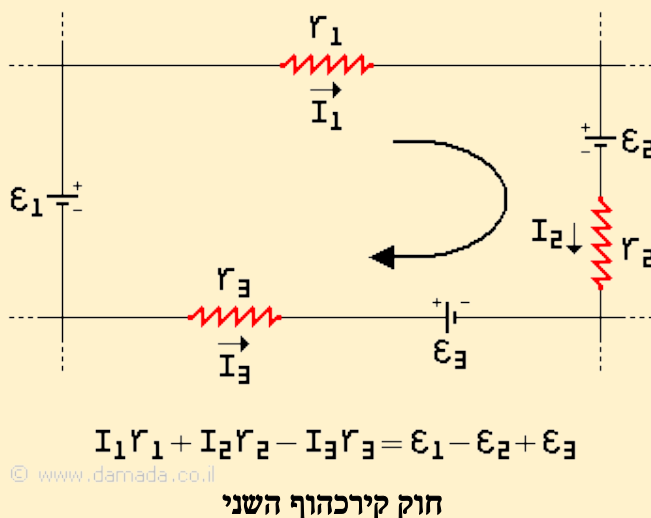
חוקי החשמל של קירכהוף

חוקי קירכהוף מתייחסים לרשת של נגדים ומקורות מתח המחוברים ביניהם. כל חיבור של יותר משני רכיבים אלו נקרא צומת. בעזרת חוקי קירכהוף ניתן לחשב בצורה פשוטה את הזרמים, המתחים וההתנגדויות במעגל חשמלי. חוקים אלו נותנים כלי מתמטי תמציתי לעריכת החישובים הנדרשים. בניסוחן באה לידי ביטוי גדולתו של קירכהוף הן כחוקר בתחום החשמל והן כמתמטיקאי.

החוק הראשון של קירכהוף טוען שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים ממנה.



החוק השני של קירכהוף טוען כי סכום מקורות המתח וסכום מפלי המתח בכל לולאה סגורה במעגל חשמלי הינו אפס.



חוקי הקרינה של קירכהוף

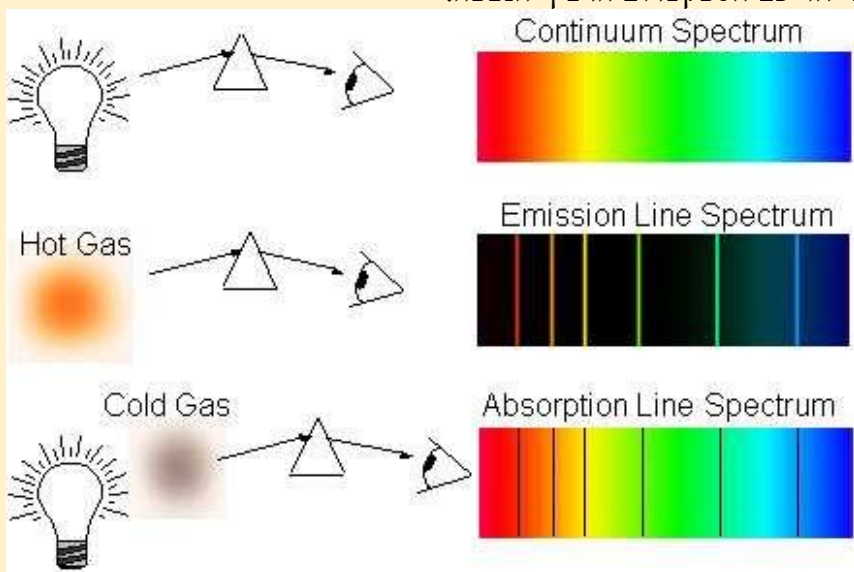
קירכהוף גילה בסדרת ניסויי מעבדה את התנאים בהם נוצרים שלושה סוגי ספקטרום שונים - ספקטרום רציף, ספקטרום של קווי בליעה וספקטרום של קווי פליטה. כאשר קירכהוף הביט דרך ספקטרוסקופ בלהבה שהכילה מלחי נתרן, כשמאחוריה רקע כהה, הוא ראה קו פליטה צהוב חזק. אבל כשהחליף את הרקע באלומת אור שעברה דרך אותה להבה, ראה קו בליעה חזק בדיוק באותו אורך גל של קווי הבליעה. בשני המקרים, קווי הבליעה/הפליטה נוצרו באטומי הנתרן שנמצאו במצב גזי בלהבה.

מתצפיות המעבדה הסיק גוסטב קירכהוף שלושה חוקים פיזיקאליים שנקראים **חוקי הקרינה של קירכהוף**:

גז, או מוצק מחומם פולטים ספקטרום רציף.

גז חם מפיק רק אורכי גל מסוימים שיוצרים קווים צרים, הנקראים קווי פליטה. כל חומר ספציפי פולט קבוצת קווי פליטה אופייניים.

גז קר או גז הממוקם בין הצופה לבין מקור חם, בולע אורכי גל מסוימים וגורם להיווצרות קווי בליעה צרים יחד עם הספקטרום הרציף הנצפה.

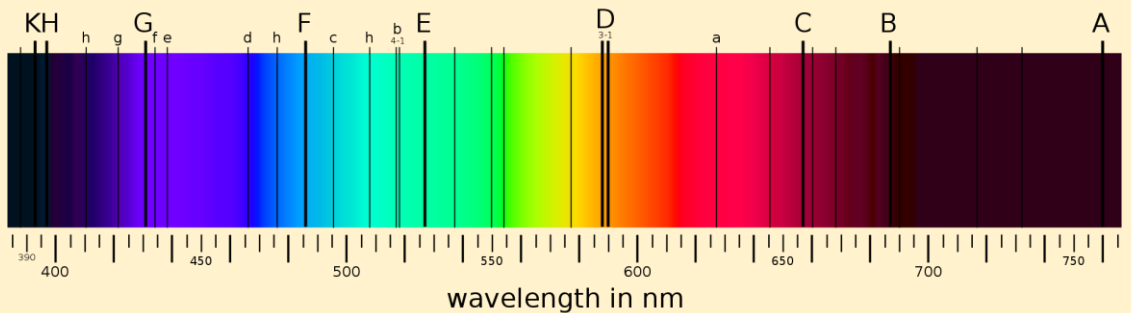


שלושת חוקי הקרינה של קירכהוף – ספקטרום רציף, קווי פליטה וקווי בליעה

מה קורה ברמה התת-אטומית בגז חם? ניתן לחשוב על רמות האנרגיה של אלקטרונים כעל סולם, בעל אנרגיות הגדלות כלפי מעלה. השלבים של הסולם מצביעים על המרווחים בין רמות האנרגיה. השלב הנמוך ביותר בסולם הוא מצב היסוד. כל הרמות הגבוהות יותר נקראות מצבים מעוררים, כאשר המרווח בין השלבים פוחת ככל שהאנרגיה עולה. מתחת לשלב הגבוה ביותר האלקטרון יכול להימצא רק ברמות אנרגיה בדידות – כאשר הוא קשור לאטום. מעל השלב הגבוה ביותר, רמת האנרגיה של האלקטרונים יכולה להשתנות בצורה רציפה – אלקטרונים כאלה אינם מחוברים לאטום, ונקראים אלקטרונים חופשיים.

תנועות קבועות, מיקרוסקופיות של אטומים ומולקולות מובילות לספקטרום חלק של קרינת חום. שיא אורך הגל של הקרינה הוא סמן לטמפרטורה, על פי חוק וייין. אם חומר חם דיו כך שהאלקטרונים אינם קשורים עוד לגרעין, האלקטרונים יכולים להימצא במגוון אנרגיות. אלה אלקטרונים חופשיים היכולים לפלוט ספקטרום רציף. חוט להט של נורה הוא דוגמה לכך. האלקטרונים בגז יכולים להיות משוחררים מהגרעין האטומי על ידי אנרגיה בעקבות פגיעה של

פוטונים או מהתנגשויות עם חלקיקים אנרגטיים אחרים. קרינת השמש הרציפה מצביעה על כך ששולי השמש עשויים שכבת גז חם. חוק ויין מאפשר לנו לקבוע את טמפרטורת הגוף על ידי קרינה השיא שלו. אורך הגל המכסימלי של קרינת מצביע על הטמפרטורה של פני השטח בשמש שערכה בקרוב 5700 קלווין.

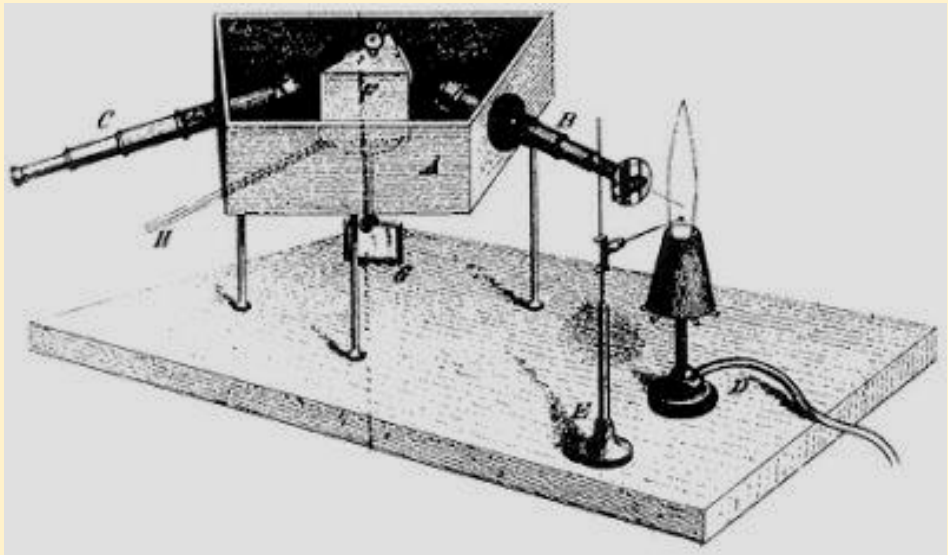


ספקטרום הפליטה של השמש

קווי פליטה נוצרים כאשר גז אלקטרונים חם דיו נמצא במצב מעורר, אך הגז אינו חם מספיק כדי שכל האלקטרונים ישתחררו. נסתייע באנלוגיה של הסולם, כדי לטעון שכל אלקטרון שנופל משלב גבוה יותר לשלב נמוך יותר פולט פוטון באורך גל מסוים. כל קפיצה מתאימה בדיוק למרווח בין שני שלבים בסולם. האנרגיה שאבדה לאלקטרון מופיעה כפוטון. כך נוצר מערך של קווי פליטה בשל דרכים אפשריות רבות שבהן האלקטרון יכול לאבד אנרגיה. שלט ניאון הוא דוגמה מוכרת. גז ניאון נמצא במצב מעורר בתוך צינור זכוכית בגלל זרם חשמלי הפוגע בו. כאשר האלקטרונים המעוררים יורדים חזרה למצבי אנרגיה נמוכים יותר, הם פולטים פוטונים. קווי הצבע האופייניים לניאון משקפים את העובדה כי הקרינה מרוכזת בכמה קווי פליטה אדומים. לגזים אחרים יש קבוצה ייחודית משלהם של קווי פליטה. ניתן לחשוב על צבע כחלחל של כספית, או צבע צהבהב של אדי נתרן, או אורות בצבע ורוד עז של ניאון.



גוסטב קירכהוף (הנמוך)
עם שותפו רוברט בונזן (הגבוה)



המעבדה הספקטוגרפית של קירכהוף ובונזן

משפט קירכהוף בתורת הגרפים

בתחום המתמטי של תורת הגרפים, משפט קירכהוף או משפט מטריצת העץ של קירכהוף, מספק את מספר העצים הפורשים בגרף. המשפט הוא הכללה של נוסחת קיילי, הקובעת כי מספר העצים הפורשים בגרף שלם בעל n צמתים הוא n^{n-2} .

עבור גרף G בעל n קודקודים, הלפלסיאן L של G הוא המטריצה L המתקבלת מההפרש בין מטריצת הדרגות (מטריצה אלכסונית בה דרגות הצמתים מופיעות על האלכסון) ומטריצת השכנויות של G . הערכים העצמיים של מטריצה זו $\lambda_0 \leq \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_{n-1}$ מקיימים $\lambda_0 = 0$ ולכל i , $\lambda_i \leq 0$. מספר הפעמים שהערך 0 מופיע כערך עצמי הוא כמספר רכיבי הקשירות של G ולכן אם הגרף קשיר אז $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{n-1}$ חיוביים ממש.

משפט קירכהוף טוען כי יהא G גרף קשיר בעל n קודקודים, ויהיו $\lambda_0 \leq \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_{n-1}$ ערכים עצמיים שונים מאפס של הלפלסיאן L של G , אזי $t(G)$, מספר העצים הפורשים של G הוא:

$$t(G) = (1/n) \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}$$

או מספר העצים הפורשים שווה למינור של L .

נוסחת קיילי נגזרת ממשפט קירכהוף כמקרה פרטי, על ידי חישוב הערכים העצמיים של הלפלסיאן של גרף שלם בעל n צמתים. כל וקטור בעל הערך 1 כאיבר אחד, -1 באיבר אחר וכל יתר המקומות בווקטור העצמי הם 0 , כאשר הערך העצמי המתאים לו הוא n , הווקטורים הנ"ל פורשים מרחב בעל ממד מסדר $n-1$ ולכן אין ערכים עצמיים נוספים השונים מ- 0 , כלומר

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots \lambda_{n-1} = n$$

גוסטב קירכהוף עסק בתחומי ידע מגוונים – חשמל, אופטיקה, כימיה, חומרים ומתמטיקה. בכל תחומי העשייה חתר לניסוח חוקים אוניברסליים פשוטים להבנה אך עמוקים במהותם. הביוגרף רוזנפלד כתב עליו שהיה מופת במתן הסברים בהירים אבל מדויקים מבחינה מדעית.

In a period of expanding scientific horizons, the need soon arises for ordering and logical analysis of new knowledge. Among the leading physicists of the nineteenth century, it was Kirchhoff whose temperament was best suited to this task. In all his work he strove for clarity and rigour in the quantitative statement of experience, using a direct and straightforward approach and simple ideas. His mode of thinking is as conspicuous in his contributions of immediate practical value (the laws of electrical networks) as in those with wide implications (the method of spectral analysis).

מראי מקום

<http://he.wikipedia.org>

<http://www.aastro.net>

<http://www.damada.co.il>

<http://ptc.weizmann.ac.il>

<http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/kirchhoff.htm>

<http://www.britannica.com/biography/Gustav-Robert-Kirchhoff>

L Rosenfeld, Biography in Dictionary of Scientific Biography (New York 1970-1990).

L. Boltzmann, Gustav Robert Kirchhoff, Populäre Schriften (Leipzig, 1905).

N P Khomenko and T M Vyvrot, Euler and Kirchhoff - initiators of the main directions in graph theory (Russian) I : On the history of the mathematical sciences 'Naukova Dumka' (Kiev, 1984), 63-69, 168.

N P Khomenko and T M Vyvrot, Euler and Kirchhoff - initiators of the main directions in graph theory (Russian) II: Sketches on the history of mathematical physics 'Naukova Dumka' (Kiev, 1985), 28-34, 183.

http://kirkhoffs_matrix_tree_theorem.gadiel.net