

עידן ה-SDR הגיע
"זמנים חדשים – זמירות חדשות"
"דונגלים"
ערוך ע"י אבנר דרורי 4X1GE.
חלק א'

מבוא

לפני כ-10 שנים התחלנו לשמוע את המילה SDR בהקשר למכשירי הרדיו. ה-SDR (Software Defined Radio), בעברית "רדיו מבוקף תוכנה", הינו מהפכה טכנולוגית כאשר מחשב מבצע את רוב פעולות הקליטה והשידור במקום המעגלים האלקטרוניים שהיינו רגילים אליהם במשך עשרות שנים.

ניתן למצוא הרבה מאמרים באינטרנט שקריאתם מומלצת לצורך הבנת טובה יותר של מאמר זה, כולל מאמרים שפורסמו בעבר ב-"הגל" וניתן לקרוא אותם באתר האגודה בכתובות הבאות:

עידן ה-SDR הגיע - <http://articles.iarc.org/sdr.pdf>
שידורים דיגיטליים - <http://articles.iarc.org/Digital%20Broadcast-ge.pdf>
בשורת השידורים הדיגיטליים - <http://articles.iarc.org/Digital-tx-ge.pdf>

כמו בכל טכנולוגיה חדשה, גם כאן אימצו חובבי הרדיו את הטכנולוגיה ברמותיה השונות החל ממכשירים מסחריים יקרים ועד מכשירים זולים לבניה עצמית.

סדרה זו מתייחסת למה שהשתנה, לאחרונה, בנושא הבנייה העצמית המאפשרת לנו הרכבת מקלטי רדיו ע"י שילוב של מכשירים שונים, הקיימים במילא בידי חובבי הרדיו (מחשבים, טאבלטים וטלפונים חכמים), תוכנות חינוכיות ורכישת אביזרים זולים כדי להשלים את המערכת.

להרכבת מערכת נדרשים רק כמה מתאמים וכבלי חיבור. אין יותר צורך במלחמים יקרים ובמאבק עם רכיבים מיקרוסקופיים.

בהמשך אתאר, בקיצור, את מה שהיה עד לאחרונה וביתר אריכות, מה קיים היום.

הדור הקודם

מקלטי/מקמ"שי SDR מסחריים, העומדים בפני עצמם, מחירם כמה מאות או אלפי דולרים. אפילו מכשירי SDR מסחריים "זולים", המיועדים לחיבור למחשבים קיימים, מחירם לפחות \$200.

לפני כ-8 שנים ביצע טוני פארקס KB9YIG "פריצת דרך" והחל במכירת קיטים זולים להרכבה עצמית (סדרת Softrock ואחריה סדרת Ensemble). במחיר של \$12 אפשר היה לקנות קיט של מקלט לתדר אחד ובמחיר של כמה עשרות בודדות, של דולרים, לקנות אפילו מקמ"ש למספר תחומי חובבים כולל שידור בהספק של 1 וואט.

המחיר הבסיסי היה אמנם זול אבל המחיר הסופי לא תמיד. היחידות נבנו מרכיבי SMD שהרכבתם דרשה מיומנות רבה וכלי הרכבה מתאימים כגון "תחנת הלחמה", ציוד הגדלה ועוד. המערכת כולה חייבה שימוש בכרטיסי קול מיוחדים שגם מחירם לא היה זול.

האמת היא שאותם כרטיסי קול אפשרו סקירת תחום רציף של כמה עשרות מה"צ בעוד שבטכנולוגיה החדשה ניתן לסרוק תחום של 2 מה"צ בלבד אבל, כפי שנהוג להגיד, לכול דבר יש מחיר.

ההשקעה הבסיסית (ציוד להרכבה + כרטיס קול) הייתה אמנם יקרה אבל, לכאורה, אפשרה לנו להמשיך לבנות קיטים נוספים אבל דווקא עכשיו התרחשה מהפכה חדשה המאפשרת לנו לקנות יחידת מקלט SDR מוכנה ולהשיג תוצאות משובחות יותר במחיר הרבה-הרבה יותר זול.

מה חדש?

מה שתרום לקידום הטכנולוגיה החדשה הם השידורים הדיגיטליים שתוארו גם הם, בעבר, בעיתון "הגל" ושהוזכרו לעיל.

השידורים הדיגיטליים, הן של טלוויזיה (DVB-T) והן של ערוצי קול (FM ו-DAB), נמצאים בשימוש נפוץ בחו"ל ולצורך זה נדרשים ממירים בכמויות אדירות המצדיקות מעבר לשימוש ב-"מעגלים משולבים" (הן מבחינה כלכלית והן מבחינה טכנולוגית) לצורך הוזלת מיליוני הממירים המסחריים שבעולם שאצלנו הם ידועים בשם ממירי "עידן+".

- ממיר DVB-T מסחרי, לשידורים דיגיטליים, מורכב משלושה רכיבים בסיסיים שהם:
 - מקלט אנלוגי, מבוקר מחשב, שתפקתו מעובדת לאותות ספרתיים.
 - מעבד ליצירת אותות I/Q (ראה מאמרים ב-"הגל" שצוינו לעיל).
 - מחשב פענוח מאותות I/Q לפורמט HDMI או AV לצורך העברת האותות למקלט הטלוויזיה.

כול אחד מהרכיבים, של הממיר, הוא מעגל משולב קטנטן וזול. נניח לרגע שכבר יש לנו מחשבים (כגון מחשבים ניידים/ניידים, טאבלטים וטלפונים חכמים) שמותקנת בהם תוכנה לעיבוד אותות I/Q (המגיעים מהמקלט) המתאימה לפיענוח אותות השמע ו/או הווידיאו שאותם רוצים לשמוע או לצפות בהם. המחשבים הנ"ל, עם תוכנה מתאימה, יכולים להוות תחליף לרכיב השלישי. כול מה שיהיה חסר לנו יהיה התקן המכיל בתוכו את שני הרכיבים הראשונים ושיהיה ניתן לחבר אותו בצורה פשוטה למחשב כגון מחבר USB רגיל.

ניקח את שני הרכיבים הראשונים, נזווד אותם בקופסה קטנה לצורך חיבור ישיר וע"י כך ניצור מקלט SDR קטן וזול. רק לחבר אותו מצד אחד למחשב קיים, עם תוכנה חינומית, ובצד השני לאנטנה מתאימה. זה הכול. הרעיון מצא חן בעיני קבוצת אנשים וכך נולד ה-"דונגל" (Dongle) המופיע בפרסומים תחת התיאור של **USB 2.0 DVB-T/DAB/FM dongle**. בפרסומים מאוחרים יותר, כאשר נמצא כי חובבי הרדיו הם קהל לקוחות שצריך להתייחס אליהם בכבוד, מוצאים גם את התיאור הבא: **USB 2.0 DVB-T/DAB/FM/SDR dongle**. ואם זה לא מספיק היום מופיע גם התיאור הבא: **USB 2.0 DVB-T/DAB/FM/SDR/ADS dongle** - כאשר ADS היא מערכת לבקרת נתיבי טיסה (פירוט בהמשך הסדרה).

שימו לב לרמזו בתיאור הדונגל – חיבור הדונגלים נעשה ב-USB 2.0 בלבד.

למעשה ניתן להשתמש בדונגל לקליטה ופענוח של כול אותות הרדיו בתחומי תדרים אפילו למעלה מ-1000 מה"צ. ב-"כול אותות הרדיו" הכוונה שניתן להאזין לכול מה שמשודר לקהל הרחב (Broadcasts), לתקשורת חובבי רדיו וגם לכול מיני שידורי תקשורת אחרים (כגון מגדלי פיקוח/מטוסים, מגן-דויד-אדום, מכבי-אש ושירותים אחרים). פירוט סוגי השידורים, הניתנים לקליטה ותחומי התדרים שלהם מפורטים בסוף חלק זה של הסדרה.

כמה זה באמת עולה לנו?

להלן פירוט האזורים, הרכיבים והכלים הדרושים להרכבת מקלט בטכנולוגיה הקודמת:

קיט להרכבת מקלט Ensemble לשלושה תחומי תדרים חובבים ב-HF - \$67
 כרטיס קול מסוג M-Audio DELTA 44 24/96 PCI Digital Professional Audio Card \$110
 תחנת הלחמה מסוג Hakko 936 - \$75.

ציוד הגדלה X5 - \$80.

ס"ה, לא כולל אביזרים שונים שלא פורטו, \$332.

דונגל לתחום 24 עד 1766 מה"צ עולה בין 10 ל-\$20. בעזרת UpConverter, בתוספת של \$50, אפשר להרחיב את תחום התדרים הנמוך עד 0 (אפס) הרץ.

במחירים וביצועים כאלה, של הדונגל, אפשר להגיד:

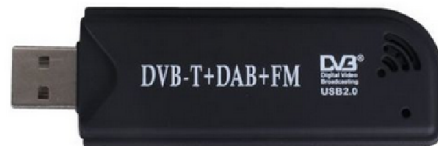
שלום לתחנות ההלחמה, כרטיסי הקול ולזכויות המגדלת.

מרכיבי הדונגל

הדוגלים מורכבים ממקלט מבוקר תדר ומעבד להפקת אותות I/Q לצורך העברתם למחשב. בקצה אחד ישנו מחבר USB רגיל לחיבור למחשב ובקצה השני מחבר לכלל הבא מהאנטנה.

המעבד הוא RTL2832U מתוצרת חברת Realtec ולכן הדונגלים ידועים בשם RTL-SDR. לדונגלים יש תחום תדרים רחב המותנה בסוג ראש המקלט (Tuner) שיש בו.

גודלו של הדונגל דומה לגודלו של כול Disk-On-Key מצוי והוא נראה כך:



להלן טבלה המפרטת את ראשי המקלטים ותחומי התדרים שהם מסוגלים לקלוט.

ראש מקלט Tuner	תחום תדרים Frequency range
Elonics E4000	52 - 2200 MHz with a gap from 1100 MHz to 1250 MHz (varies)
Rafael Micro R820T	24 - 1766 MHz
Rafael Micro R828D	24 - 1766 MHz
Fitipower FC0013	22 - 1100 MHz (FC0013B/C, FC0013G has a separate L-band input, which is unconnected on most sticks)
Fitipower FC0012	22 - 948.6 MHz
FCI FC2580	146 - 308 MHz and 438 - 924 MHz (gap in between)

שימו לב שתחום התדרים גבוה יחסית אבל אין אפשרות לקלוט את תחומי החובבים הנמוכים ב-HF. את הפתרון לכך נראה מאוחר יותר.

ה-אלוניקס E4000 הוא בעל תחום התדרים הרחב ביותר והפך במשך השנים לשם מותג. הצרה שנפסק יצורו וקשה להשיגו. אם כבר משיגים דונגל כזה, צפו שמחירו יהיה גבוה.

מכיוון שהוא נהפך למותג, ישנם דונגלים הנקראים בשם זה אבל בתוכם נמצא הרכיב של רפאל-מיקרו שאין לזלזל בו. ישנם דווחים האומרים שרגישותו עולה על זו של ה-E4000. בכל זאת כדאי לשים לב, עד כמה שאפשר, מה אתם קונים באמת.

הדונגלים, הקיימים בשוק, עשויים לכלול את אחד מראשי המקלט המפורטים בטבלה. מכיוון שאנחנו מעוניינים בתחום תדרים רחב ככול האפשר, כדאי לוודא שהדונגל מורכב מ-Elonics E4000 או מרפאל-מיקרו R820.

מחיר הדונגלים זול, בין 10 ל-\$20, והם מגיעים כערכה המכילה את הדונגל, שלט רחוק, תוכנה, אנטנה קטנה והכבל המחבר בין האנטנה והדונגל. לפעמים הדונגלים נמכרים בנפרד, ללא תוספות, ואז מחירם זול יותר.

ראה דוגמאות:



ע"י תוספות ממיר (UpConverter) ותוכנות מתאימות אפשר להפוך את הדונגל גם למקלט חובבים לתחום ה-HF וגם על כך בהמשך.

המערכת יכולה, בעזרת תוכנות מתאימות, לשמש גם כסורק (Scanner) לכול אופני השידור בתחום התדרים של הדונגל.

אם כבר עוררתי את סקרנותכם כדאי שתרכשו מיד דונגל, כולל מתאמים מתאימים, כדי שיהיה ניתן להפעילו כאשר יופיעו, ב-"הגל" הבא, החלקים הנוספים של הסדרה.

(המשך יבוא)

רשימת סוגי שידורים הניתנים לקליטה בעזרת הדונגל :

The RTL-SDR can be used as a wide band radio scanner. Applications include

- Listening to unencrypted Police/Ambulance/Fire/EMS conversations.
- Listening to aircraft traffic control conversations.
- Tracking aircraft positions like a radar with [ADSB decoding](#).
- Decoding aircraft [ACARS short messages](#).
- Scanning [trunking radio](#) conversations.
- Decoding unencrypted [digital voice](#) transmissions.
- Tracking maritime boat positions like a radar with [AIS decoding](#).
- Decoding [POCSAG/FLEX pager traffic](#).
- Scanning for cordless phones and baby monitors.
- Tracking and receiving [meteorological agency launched weather balloon data](#).
- Tracking your own self launched high altitude balloon for payload recovery.
- Receiving wireless temperature sensors and wireless power meter sensors.
- Listening to VHF amateur radio.
- Decoding ham radio APRS packets.
- Watching [analogue broadcast TV](#).
- [Sniffing GSM](#) signals.
- [Using rtl-sdr on your Android device](#) as a portable radio scanner.
- Receiving GPS signals and decoding them.
- Using rtl-sdr as a [spectrum analyzer](#).
- [Receiving NOAA weather satellite images](#).
- Listening to satellites and [the ISS](#).
- [Radio astronomy](#).
- Monitoring [meteor scatter](#).
- Listening to FM radio, and decoding RDS information.
- Listening to [DAB broadcast radio](#).
- Use [rtl-sdr as a panadapter](#) for your traditional hardware radio.
- [Decoding taxi mobile data terminal](#) signals.
- Use rtl-sdr as a true random number generator.

בנוסף, שימוש ב-UpConverter מאפשר האזנה גם ליישומים הבאים :

- Listening to amateur radio hams on SSB with LSB/USB modulation.
- Decoding digital amateur radio ham communications such as CW/PSK/RTTY/[SSTV](#).
- Receiving HF weatherfax.
- Receiving [digital radio monodial shortwave radio](#) (DRM).
- Listening to international shortwave radio.
- Looking for RADAR signals like over the horizon (OTH) radar, and HAARP signals.

שימו לב להגבלות והאיסורים הקיימים בארץ, לגבי האזנות לשידורים שפורטו לעיל, מאחר ויתכן שחלקן אסור בהאזנה.

חשוב ורצוי לגלות אחריות בעניין זה.

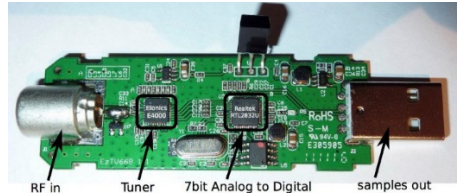
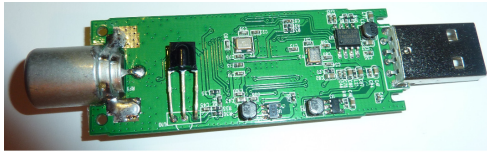
* * * * *

עידן ה-SDR הגיע
 "זמנים חדשים – זמירות חדשות"
 "דונגלים"
 ערוך ע"י אבנר דרווי 4X1GE.
 חלק ב'

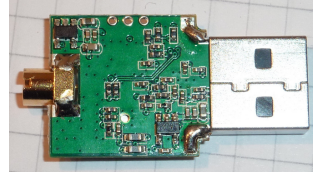
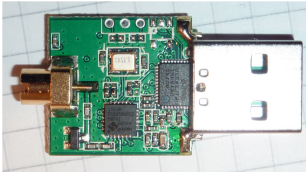
(המשך מחלק א')

מבנה פנימי

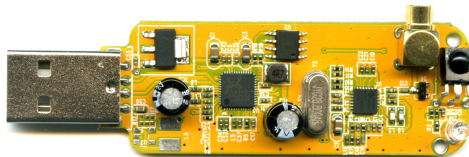
המבנה הפנימי, של הדונגל, משתנה בהתאם לבחירת ראש המקלט והמחברים (ראה בהמשך).
 להלן מספר תמונות המראות את המבנה הפנימי של דונגלים שונים:



E4000 - ezcap USB 2.0 DVB-T/DAB/FM dongle



R820T Mini



RTL2832U-R820T

המעגלים החשמליים של הדונגל

פרט לשני הרכיבים הבסיסיים, המעגלים האלקטרוניים עלולים להיות שונים ובהתאם לכך גם הביצועים. המידע, על המעגלים האלקטרוניים הפנימיים, לא תמיד זמין. אפילו היינו משיגים את המידע, לא יכולנו להפיק ממנו תועלת מכיוון שדונגלים, מיצרנים שונים, נראים זהים לחלוטין במיוחד כשאין עליהם זיהוי של היצרן ו/או מספר דגם. בשוק הסיני, הזול והפרוע, ישנם גם הרבה חיקויים. חושבים שיודעים מה קונים אבל אי אפשר לדעת מה באמת יגיע. בפרסומים, לחובבי רדיו, מומלץ לקנות דונגלים במקורות מהימנים כגון NooElec הנמכרים ב-ארה"ב, ע"י "אמזון", במחירים בין 20 ל-\$30. מהניסיון המועט שלי - גם הדונגלים הזולים, שנקנו מ-DealExtreme או eBay, עושים את העבודה.

המארז

ההבדל העיקרי במארז הוא במחברי הכבל לאנטנה שהם מחבר לחיצה מיניאטורי מסוג MCX או מחבר (שקע) מסוג IEC/EUR שהוא המחבר המקובל אצלנו לחיבור אנטנה למקלט טלוויזיה. מחברי ה-MCX מצויים, ברוב המקרים, בצדי הדונגל ואילו מחברי IEC/EUR מופיעים בקצה הפוך למחבר ה-USB. להלן דוגמאות:



התמונה הימנית מתארת חיבור לתקע IEC/EUR ושתי התמונות השמאליות מתארות את מחברי ה-MCX.

אנטנות ומחברי אנטנה

יש לזכור את היעוד המקורי של הדונגלים, שהוא קליטת שידורים דיגיטליים של ערוצי טלוויזיה DVB-T וערוצי שמע של DAB. הנחת היסוד הייתה שעוצמת האותות חזקה ולכן ניתן להסתפק באנטנה קטנה המסופקת עם הדונגל.

מניסיוני וניסיונם של אחרים, האנטנה הזאת עובדת טוב רק לגבי תחנות שידור קרובות באמת. לא הצלחתי לקלוט תחנה כול שהיא עם האנטנה הקטנה אבל קלטתי את כול תחנות "עידן + " בעזרת אנטנת פנימית מסוג "אזני ארנבת".

אם מעוניינים לקלוט שידורים, המגיעים בעוצמות חלשות, מומלץ להשתמש באנטנה חיצונית כגון "דיסקון" שמבטיחה קליטה טובה בתחום תדרים רחב, לפחות מספיק רחב כדי לכסות את תחום שידורי החובבים ב-תג"מ ו-תא"ג. כמו כן, לקליטת שידורי ADS, שהיא מערכת לבקרת נתיבי טיסה, כאשר תדרשנה אנטנות מיוחדות (פירוט בהמשך הסדרה).

כול מה שקשור לקליטת תדרי HF יסופר בחלק הבא של הסדרה.

עכבת הכניסה, של הדונגל, היא 70 אום. זה מאפשר חיבור ישיר (מחבר IEC) לכבל טלוויזיה טוב וזול, של 70 אום, היורד מאנטנה חיצונית. אפילו אם משתמשים בכבל של 50 אום עדיין אין חשש מגלים עומדים. מומלץ להשתמש בכבל RG-6 שביצועיו טובים ומחירו זול.

החיבור ל-MCX ניתן לפתרון פשוט בעזרת מתאמים מתאימים למחברי כבל האנטנה.

לעניין המתאמים נחזור כאשר נעשה את ההתאמות הדרושות לקליטת שידורי HF.

מחברי מחשב

כפי שכבר הזכרתי, מחבר היציאה הוא USB בגודל מלא. אם למחשב שלכם יש כניסת USB אז אין בעיית חיבור, תוקעים ישירות למחשב, לא דרך מפצלים ולא דרך כבלי הארכה, והמערכת מוכנה לפעולה.

כמובן שיש לזכור שחיבור הדונגלים נעשה ב-USB 2.0 בלבד.

תוכנות

גם כאן יש לזכור את היעוד המקורי של הדונגלים, שהוא קליטת שידורים דיגיטליים של ערוצי טלוויזיה DVB-T וערוצי שמע של DAB. התוכנה, המגיעה עם הדונגל, מיועדת למטרה זו בלבד.

הבעיה, עם התוכנה המקורית, שהתקנתה עלולה לשבש את תפעול תוכנות ה-SDR האחרות.

הדרייברים, המגיעים עם התוכנה המקורית, מודיעים למחשב שהדונגל מיועד לקליטת טלוויזיה. ישנו קובץ בשם zadiג שהתקנתו מודיעה למחשב שהדונגל מיועד הפעם לשימוש כ-SDR.

אי לכך ההנחיות, לאלה שרוצים להשתמש בתוכנות SDR, היא:

"אל תתקינו את הדרייברים והתוכנה המגיעים יחד עם הדונגל".

אז מה עושים שבכול זאת מדגדג בידיים ורוצים לדעת אם הדונגל עובד? תעשו מה שאני עשיתי. יש לי מחשב נוסף. שלא ישמש לקליטת SDR, שהתקנתי בו את התוכנה המקורית והדרייברים שלה. מחשב זה משמש לצפייה בטלוויזיה, האזנה לתחנות FM וכמוכן גם כ- "עמדת בדיקה" לוודא שהדונגלים תקינים.

התקנת ה-zadig היא חלק מתהליך ההתקנה, של תוכנת ה-SDR, והתקנתו מתוארת באתרים מהם מורידים את התוכנות.

הערות הקשורות ל-zadig – במהלך ההתקנה נתבקש להכניס את הדונגל לאחד ממחברי ה-USB2 שבמחשב ולאחר מכן להתקין ולהפעיל את ה-zadig. התוכנה תמשיך לפעול בעתיד כול עוד הדונגל יחובר לאותו מחבר. אי לכך יש לסמן את שקע ה-USB2 שבו השתמשנו בצורה בולטת (ע"י טיפוס או מדבקה) ולא להסתמך על הזיכרון בלבד. אם לא הייתה לכם ברירה והשתמשתם במפצל (HUB) סמנו גם את המפצל וגם את המחבר. יש להשתמש באותו שקע שבו ביצענו את ההתקנה ואותו סימנו מראש.

כרגע שהותקן ה-Zadig במחשב, אין אפשרות להשתמש יותר בדונגל, המחובר למחשב, לקליטת DVB-T בתוכנות יעודיות כגון Blaze או VLC.

ישנן מספר תוכנות המקובלות על משתמשי הדונגלים שניתן להוריד אותן מהאינטרנט בחינם. שתי התוכנות הנפוצות הן SDRSharp, הידועה גם בשם SDR#, ותוכנת HSDR.

בנוסף – יש לשים לב למערכת ההפעלה במחשב המיועד לשימוש. ישנן גרסאות שונות בהתאם לגרסאות של ה-"חלונות" (XP/vista/7/8) ו-32/64 ביט. אותו כלל נכון גם לגבי הדרייבר של Zadig.

מכיוון שהנושא בפיתוח מתמיד, מופיעות כול הזמן גרסאות חדשות והוראות ההתקנה מתעדכנות בהתאם. אי לכך חשוב להוריד את התוכנות החדשות ואת הוראות ההתקנה המתאימות להן. למדתי זאת בדרך הקשה וחבל שתחזרו על השגיאות שלי...

למרות ששתי התוכנות ידידותיות, מומלץ להיעזר בהוראות ההתקנה והשימוש המפורסמים באינטרנט. בסופו של דבר זה עשוי לחסוך לכם הרבה זמן.

אתרים הכוללים הוראות להתקנת ה-HSDR:

<https://sites.google.com/site/g4zfqradio/installing-and-using-hdsdr>

http://hdsdr.de/RTLSDR_with_HSDR.pdf

<http://www.hamradioscience.com/alternative-installation-procedure-for-rtl-sticks-and-hdsdr/>

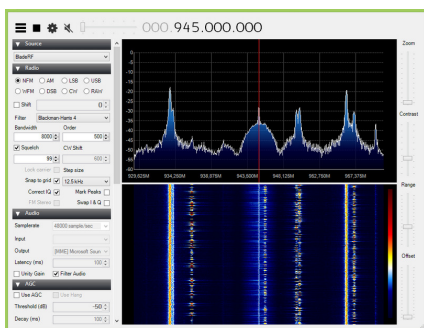
אתרים הכוללים הוראות להתקנת ה-SDRSharp:

<http://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-quick-start-guide/>

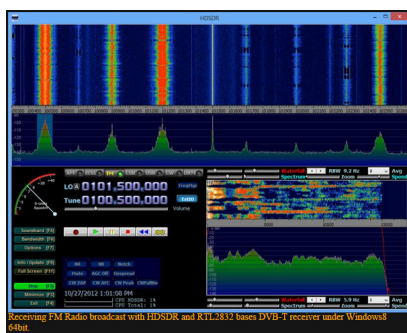
<http://ncocra.org/articles/kr4ub/sdr/SDRWIN7-64b.pdf>

לתוכנת "אפל" אתייחס בפרק על טלפונים חכמים וטבלטים.

כול אחת מהתוכנות הנפוצות מצייגות גם תצוגה ספקטרלית וגם תצוגת מפל מים.



SDRSharp/SDR#



הלקן תצוגות מסך: HSDR

הערה: תצוגות אלה שייכות למהדורות קודמות של התוכנות. במהדורות החדשות הן עשויות להיראות אחרת.

אם טרם קניתם דונגל, כדאי שתמהרו לקנות אותו מהר מאחר ואתם כבר יודעים עליו כמעט את כול מה שצריך לדעת, לצורך ההפעלה הראשונית, ובהמשך יהיה תיאור כיצד לשדרג, את מערכת המקלט, לקליטת HF.

קליטת תחומי תדרי ה-HF הנמוכים

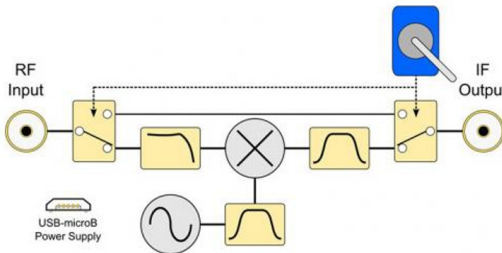
מטבלת התדרים, הרשומה לעיל, רואים שהתדר הכי נמוך (לקליטה) הוא 24 מה"צ ואולי נצליח לקלוט את תחום ה-28 מה"צ ללא תוספת אבזורים חיצוניים. אם נרצה לקלוט תחומים נמוכים יותר נאלץ להשתמש בממיר מתאים.

בעבר היינו (ב-"היינו" הכוונה לאלה שזוכרים עדיין את ה-BC-348 ושאר הציוד הצבאי ממלחמת העולם השנייה שקלט עד 18 מה"צ בלבד) רגילים להשתמש בממירים (Frequency Down Converter) כדי להוריד את התדר הנקלט לתחום התדרים שהמקלט מסוגל לקלוט.

הפעם נעשה פעולה הפוכה בעזרת UpConverter. ניתן להשתמש בממיר מצוי כזה המעלה את התדר הנקלט ב-100 מה"צ. המשמעות תהיה שכאשר נרצה לקלוט תדר של 14.250 מה"צ נכוון את התוכנה לקליטה בתדר גבוה ב-100 מה"צ, כלומר לתדר 114.250 מה"צ.

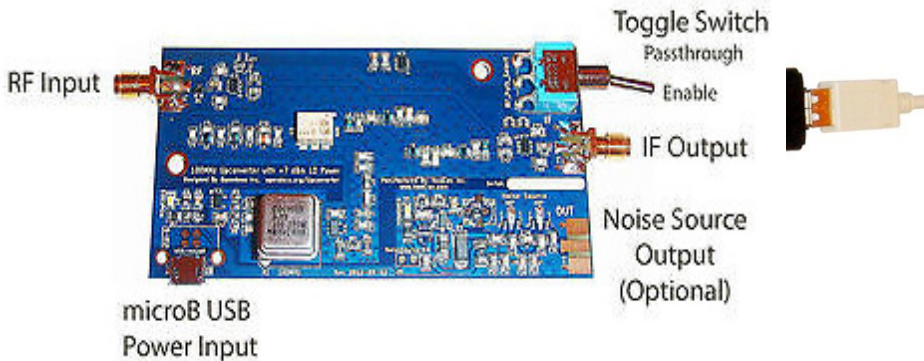
הדגם הנפוץ הוא RF Upconverter For Software Defined Radio - Ham It Up v1.2 מתוצרת NooElec. מחירו כ-\$50.

התרשים המלבני שלו נראה כך :



הממיר עצמו נראה כך :

ותמונתו יחד עם הדונגל נראית כך :



בצד ימין רואים את הדונגל כשאליו מחובר, במקרה זה, מתאם OTG. ליד המחבר לממיר ישנו בורר המאפשר את ההפעלה דרך הממיר או דילוג עליו. בצד שמאל, למעלה, ישנו החיבור לאנטנה ובאותו צד, למטה, שקע MicroUSB להזנת הממיר.

המחברים, לממיר, הם מסוג SMA שאותם יש לחבר באמצעות מתאמים הניתנים לרכישה. פרטים, על הממיר עצמו, נמצאים באתר הבא:

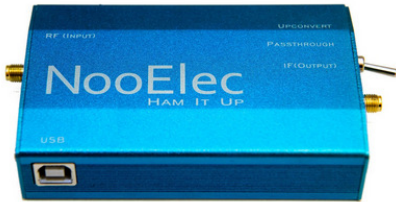
<http://code.google.com/p/pendous/wiki/Upconverter>

מומלץ לקרוא, בסופו של המאמר, על מגברים ומסננות שכדאי להוסיפם לממיר.

מידע כללי נוסף ניתן למצוא באתר הבא:

<http://blog.kf7lze.net/2012/09/14/round-up-of-rtlsdr-upconverter-choices/>

ניתן לרכוש, בנפרד, מארזים כמתואר בתמונות הבאות:



מארז אלומיניום

\$25 Amazon



מארז מחומר אקרילי שקוף

\$17 eBay

מידע כללי נוסף ניתן למצוא באתר הבא:

<http://blog.kf7lze.net/2012/09/14/round-up-of-rtlsdr-upconverter-choices/>

מתאמים

באיור, שבעמוד הקודם, רואים מערכת בעלת מספר מתאמים שונים.

הדונגל מתחבר למחשב באמצעות מחבר USB2 רגיל ובצדו השני מתחבר כבל האנטנה.

כפי שכבר ראינו לעיל, הדונגלים מגיעים עם שתי אפשרויות חיבור: מחבר MCX או מחבר IEC-PAL נקבה. מחבר ה-MCX מתאים רק לאנטנה הקטנה המתקבלת עם הדונגל. אם רוצים לחבר אותו לכלל אנטנה חיצונית מומלץ להשתמש בכבל תיאום מ-MCX ל-BNC נקבה או למחבר IEC-PAL נקבה, הכול בהתאם למחבר כבל האנטנה. כאשר משתמשים ב-UpConverter, שהחיבורים שלו הם SMA, נדרש כבל תאום ממחבר ה-MCX (שבדונגל) ל-SMA זכר (שבממיר).

אם לדונגל מחבר IEC-PAL אפשר לחבר אליו ישירות את מחבר האנטנה מסוג IEC-PAL ואם לכלל האנטנה יש מחבר BNC נדרש מתאם של IEC-PAL זכר ל-BNC נקבה. כאשר משתמשים ב-UpConverter, נדרש כבל תאום בין IEC-PAL זכר ל-SMA זכר.

הכניסה ל-UpConverter, שהחיבורים שלו הם SMA, מחייבת כבל תאום מ-SMA זכר ל-BNC נקבה.

במקרה ומחבר האנטנה הוא PL-259, נדרש מתאם נפוץ של BNC זכר ל-PL-259 נקבה.

אם כבר החלטתם להיכנס לפרויקט, רצוי שהמתאמים יהיו זמינים כאשר הדונגל והממיר מגיעים.



שימוש בטלפונים חכמים וטבלטים.

הבעיה מתחילה עם הטאבלטים והטלפונים שאין להם מחבר USB מלא. למכשירים מיצרנים שונים ו/או משנתונים שונים יש מחברים שונים (לאחרונה התבררנו כי כול היצרנים, כולל "אפל", יעברו בעוד שנה לשימוש במחבר אחיד – נחיה ונראה).

המחבר היחיד, הקיים היום בטלפונים חכמים וטבלטים, משמש הן לטעינה והן לתקשורת בין המכשיר לחומרה פריפריאלית. ניתן להתגבר על זה בעזרת מתאם או כבל גישור המכונים OTG (ראשי תיבות של On-To-Go) שמשמש לחיבור אביזרים שונים לטאבלט/טלפון כגון דונגלים, Disk-on-Key, קוראי כרטיסי זיכרון וכדומה. כבל זה דומה לכבל לטעינה אלא שבקצה נמצא מחבר USB נקבה במקום הזכר המחובר לכבל הטעינה.

רוב מכשירי האנדרואיד החדשים משתמשים במחבר MicroUSB אבל ראיתי גם הרבה סוגים אחרים. אותו הדבר נכון גם למוצרי "אפל", גם שם יש הבדל בין מוצרים חדשים וישנים.

גם בנושא התוכנה יש הבדלים. את הבדיקות עשיתי לגבי אנדרואיד ומצאתי שניתן להתקין דרייברים מתאימים ל-SDR-RTL אבל התוכנות הזמינות דורשות דונגלים ייחודיים של החברה שמציעה את התוכנה.

התקנתי בטלפון החכם (אנדרואיד) תוכנה בשם Wavesink שמשמשת לצורך קליטת תחנות FM ו-DAB בלבד. השתמשתי באנטנה פנימית ולמרות זאת הצלחתי לקלוט תחנת FM אחת.

יש לשים לב שהדונגל צורך זרם ואת זה הוא לוקח מהסוללה של הטלפון/טאבלט וע"י כך מקצר את חייה. כמו לכול בעיה, גם לזה יש פתרון והוא שימוש במתאם OTG הכולל אפשרות חיבור לספק כוח חיצוני של 5 וולט.

		
מתאם OTG עם חיבור לספק כוח	כבל תיאום OTG	מתאם OTG

הערה חוזרת - שימו לב שהמתאם יהיה מתאים ל-USB2.

לסיכום ביניים

בסכום כסף לא גדול אפשר להרכיב מערכת מקלט שתאפשר לנו "משחקי קליטת שידורי רדיו" מעניינים ומרתקים אפילו שהדונגל אינו תחליף למקלט קשר ממעלה ראשונה.

(המשך יבוא)

* * * *