

Brick'R'Knowledge

Modular lernen

Rolf-Dieter Klein, DM7RDK

Das Brick'R'Knowledge-System wurde zum ersten Mal auf der HAM RADIO 2014 vorgestellt. Es handelt sich um ein universelles modulares Lern-Experimentier- und Entwicklungssystem von DC bis GHz.

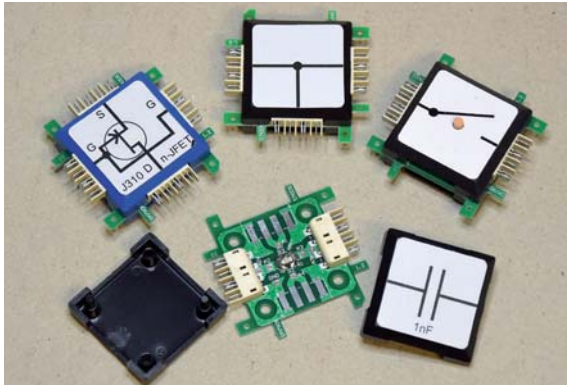


Bild 1: Verschiedene Bricks mit Platine und Gehäuse

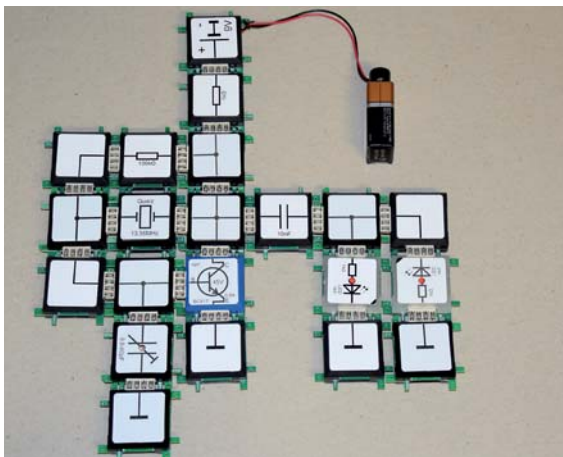


Bild 2: Einfacher Oszillator aus Bricks für das ISM-Band mit 13,565 MHz

Den Autor erreichen Sie unter: Rolf-Dieter Klein, DM7RDK; Strassbergerstr. 34; 80809 München dm7rdk@dar.c.de

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Handbücher zu den Sets und Bricks: www.brickrknowledge.de sowie Programmcode und Infos
- [2] Matthys, Robert J. Crystal Oscillator Circuits. 1976. Figur 10.11a Pierce Schaltung
- [3] Das ISM-Band: <https://de.wikipedia.org/wiki/ISM-Band>. Stand 9.11.2015
- [4] Iowa Hills RF Designer Version 2.2

Die Idee zu einem neuen Experimentiersystem war schon ein paar Jahre alt. Es sollte so einfach zu benutzen sein wie das Lectron Braun System, das ich noch aus meiner Jugend kannte und das kleine Magnete an den Bausteinen verwendete. Das System sollte viel robuster sein, ähnlich zu dem in Vergessenheit geratenen Hopt Bipol System, aber nicht so schwer herzustellen, und man sollte es auch mit einem 3D-Drucker selbst produzieren können. Verdichtet hat sich das ganze durch die Jugendarbeit beim OV München-Nord (C12) und den Techniktreffs. Der Bedarf nach einem System auch für moderne Anforderungen (z.B. HF-Technik + Mikrocomputertechnik) wurde immer größer.

Die Lösung

Was fehlte, war das eigentliche Stecksystem. Nach einer Zwangspause durch einen Armbruch hatte ich im März 2014 Zeit gefunden alle Stecksysteme eines Onlineanbieters durchzusehen. Dort wurde ich fündig mit dem Hermaphroditenstecker, der genau das war, was ich schon die ganze Zeit suchte. Man kann diese kombinierte Stecker/Buchse mit sich selbst zusammenstecken, aber auch von oben und im Winkel. Sie wurden für LED-Lichterketten entwickelt, damit man sie flexibel zusammenfügen kann und beweglich bleiben. Damit kann man unsere Bricks auch inmitten einer Schaltung austauschen, oder sogar leicht dreidimensionale Strukturen schaffen. Diese Hermaphrodite waren der Durchbruch für die Bricks. Es wurde die Hermaphrodite mit vier Kontakten herausgesucht. Daraus entstand ein einfacher metrischer Formfaktor. Die ersten Bricks wurden, wie geplant, mit einem 3D-Drucker erstellt. Die Modelle dazu entstanden mit Solidworks. Die Form der Platinen unterlag noch einer kleinen Evolution nach ersten Dauertests wurden kleine Nasen angebracht (Bild 1), sowie auch vier kleine Bohrungen, die man z.B. zur Befestigung verwenden kann. Die äußeren beiden Kontakte sind für den Masseanschluss reserviert und bei allen Bausteinen durchverbunden. Im Bild sieht man es bei der abgebildeten Leiterplatte mit dem 1-nF-Kondensator. Damit lassen sich leicht großflächige Schaltungen aufbauen. Die mittleren Kontakte sind für das Signal, entweder zusammengeschaltet, oder bei komplexeren Bausteinen auch getrennt verfügbar. Die Bricks können durch weitere vier Kontakte nach unten erweitert werden, speziell bei CPUs hat man dann sechs unabhängige Kontakte pro Seite. Sie sind auch recht robust, mit 6,3 A pro Kontakt bei 110 V kann man damit auch größere Leistungen übertragen. Es musste auch ein Name für das System her. Nach

einigen Recherchen, denn solche Namen müssen ja auch verfügbar sein, sind wir auf Brick „R“ Knowledge gekommen. Dabei steht das „R“ für verschiedene Begriffe: Your, Our, Are. Also Brick Your Knowledge, frei übersetzt setze dein Wissen mit Bausteinen um, oder Brick Our Knowledge: Setze das Wissen in „Bausteine“ e.g. Schaltungen um und Brick(s) Are Knowledge: Bricks sind Wissen. Frei übersetzt: Bricks können Wissen abbilden. Aber genug der Wortspielerei, weiter mit den Bricks.

Sets

Es entstanden eine Vielfalt unterschiedlicher Bricks, von Leitungen, Winkeln Massebausteinen, dann andere passive Bauteile wie Widerstände, Potis, Kondensatoren, Spulen, Quarze, Glimmlampe, Lautsprecher und auch aktive Elemente wie Transistoren, JFETs, Mosfets, PUTs (Programmable Unijunction Transistor) ferner LEDs, elektromechanische Elemente wie Taster, Schalter und Relais, aber auch komplexe Bausteine, wie OPs, Timer, Lichtschranken.

Nun helfen Prototypen von elektronischen Bausteinen allein noch nicht viel, man muss sie auch in großen Stückzahlen produzieren können. Zum Glück konnte ich aus Jahrzehnte langer Zusammenarbeit den Geschäftsführer W. Bauer einer großen Firma in Germering, Nähe München. Von dem System angetan, hat seine Firma die Herstellung des Systems übernommen. Er verdient auch besonderen Dank, denn für den Weg von einem Prototyp zu einer Fertigung gehören auch erhebliche finanzielle Aufwendungen, die über die eigentlichen Entwicklungskosten weit hinausgehen. Ebenfalls wird eine eigene Webseite gehostet [1]. Dort gibt es auch neben der Möglichkeit die Handbücher herunterzuladen, Blogs, Videos usw. Zur Fertigung gehören auch Spritzgussteile für die Gehäuse, die am Anfang per 3D-Druck hergestellt wurden. Sie werden nun in großen Stückzahlen in verschiedenen Formfaktoren (1×1, 2×1, 2×2 ...) und Farben

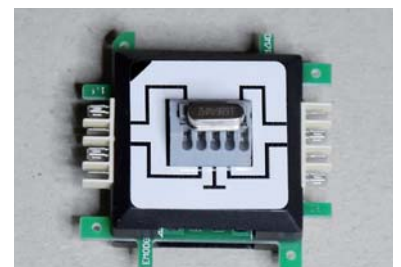


Bild 3: Quarz in einem Universal Brick zum Einklemmen von Bauteilen/Leitungen

produziert. Aber da es ein offenes System sein soll, wird man auch die Möglichkeit bekommen, selbst einen 3D-Druck vorzunehmen, um so z.B. eigene Spezialformen zu erstellen. Die Standard-Bricks, kann man auch als Leergehäuse erhalten und das gleiche gilt für Leiterplatten, die man universell einsetzen kann (Rasterplatinen und Bauteileplatinen unterschiedlicher Art).

Es mussten handliche Sets her, denn einzelnen Bausteine sind zwar wichtig, bilden aber kein System. Aus den Grundbricks entstanden die ersten Sets, die nun auch schon auf dem Markt befindlich sind, zum Beispiel beim DARC Verlag. Der Advanced Set zum Beispiel enthält 111 Bausteine, mit denen man eine Vielzahl von Experimenten aufbauen kann. Ein paar Beispiele sollen hier gezeigt werden, die speziell auch für uns Funkamateure interessant sind. Die Sets werden ständig erweitert, auch für die HF-Technik wird es da spezielle Zusammenstellungen geben. Man kann ausgewählte Sets auch direkt beim DARC Verlag bestellen, sonst findet man auf www.brickrknowledge.de auch die aktuellsten Angebote und Infos.

Beispiel Oszillator

Oszillatoren sind ein wichtiges Grundelement der HF-Generierung. Dabei soll hier mal ein ganz einfacher Oszillator aus Bricks gebaut werden. Er verwendet als frequenzbestimmendes Element einen Quarz, im Set ist es 13,565 MHz für das „lizenzfreie“ ISM-Band. Die Frequenz wird auch von andern Experimentierkästen gerne für Versuche verwendet. Als Funkamateure können wir auch Quarze für das Amateurfunkband verwenden, also z.B. 3,5xx MHz oder 28,xxx MHz usw. und damit auch kleine Übertragungsversuche vornehmen. Zunächst einmal erfolgt der kalte Test, also ohne Antenne (Bild 2). Der Schaltungstyp des Oszillators wird gerne wegen der Einfachheit verwendet, und ist im Prinzip eine Pierce-Schaltung [2]. Der Kern ist ein BC817 in Emitterschaltung. Die Rückkopplung erfolgt über den Quarz. Mit dem 33-pF-Kondensator kann man die Frequenz leicht ziehen.

Damit man die HF des Schwingkreises auch auf einfache Art nachweisen kann, ist in diesem Beispiel zunächst ein Kondensator nachgeschaltet und dann ein einfacher Detektor, bestehend aus zwei Leuchtdioden die antiparallel geschaltet sind. Dabei sind möglichst LEDs mit geringer Schwellspannung zu verwenden. Die Wechselspannung wird dadurch

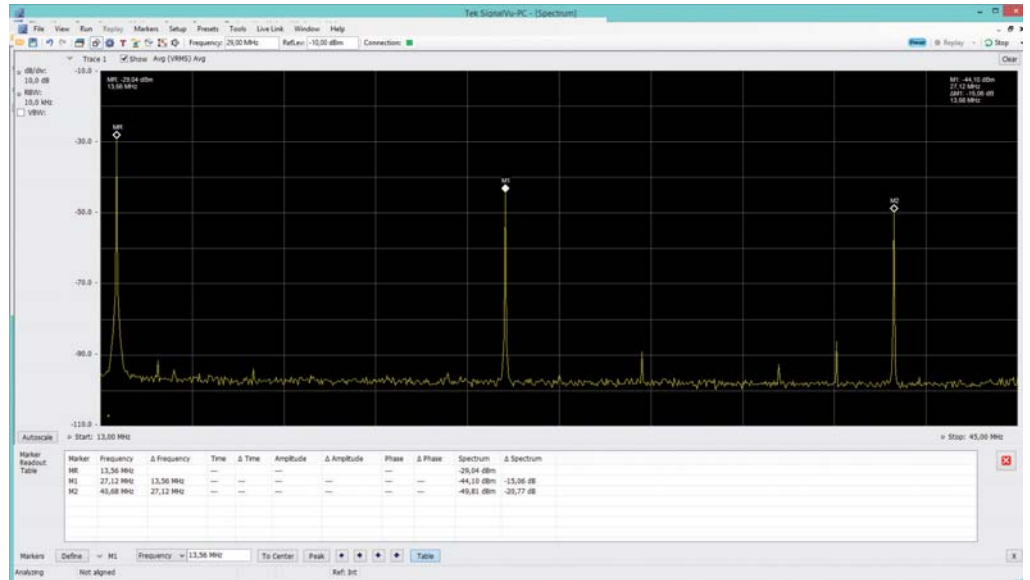


Bild 4: Das Spektrum des Oszillators ohne Filter

gleichgerichtet und jede der Halbwellen bringt die einer oder andere LED zum Leuchten. Rote LEDs sind wegen der niedrigen Schwellspannung ganz gut geeignet, aber die LEDs sind trotzdem sehr schwach, und man muss das Umgebungslicht abdunkeln. Es geht auch mit gemischter Bestückung, z.B. rot und gelb. Dabei leuchtet dann eine meist etwas heller. Die Schaltung kann man auch generell zum Nachweis von HF verwenden, wenn man beispielsweise einen kleinen Verstärker vorschaltet.

Quasi als „Abfallprodukt“ kann man die Schaltung auch als Quarztester verwenden. Bei höheren Frequenzen wird die Anzeige durch die LEDs allerdings immer schwächer. Es empfiehlt sich daher, eine kleine Transistorstufe nachzuschalten. Statt des Quarz-Bricks kommt hier ein Universal-Brick zum Einsatz. Damit kann man leicht Bauteile einklemmen und so testen (Bild 3).

Die Frequenz lässt sich so natürlich noch nicht ermitteln, dazu kann man ein Spektrumanalysator, Frequenzzähler oder bei niedrigeren Frequenzen auch noch ein Oszilloskop verwenden.

Das Spektrum

Die einfache Quarzschaltung hat auch einen gravierenden Nachteil, sie produziert viele harmonische Signale. Das Signal kann man sich z.B. mit einem Oszilloskop ansehen, und es hat eher Ähnlichkeit mit einem Rechteck als mit einem Sinus. Die Harmonischen sind natürlich nicht gut, wenn man gar eine Antenne anschließen möchte. Bei 13,565 MHz ist dies auf der doppelten Frequenz 27,13 MHz noch ca. 15 dB unter dem Nutzsignal. 27,13 MHz liegt aber wieder in einem ISM-Band. Spätestens die nächste Harmonische

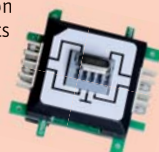


Bild 5: Frequenzgang des elliptischer Tiefpassfilters mit Schaltung

sollte man dann aber wegfildern. Das Spektrum wurde hier mit einem RSA 306 aufgezeichnet (Bild 4). Man sieht schön die harmonischen Produkte, MR ist dabei der Referenzmarker bei 13,56 MHz, also dem Nutzsignal. M1 und M2 zeigen die nachfolgenden beiden Harmonischen. Das Spektrum reicht aber noch viel weiter, man „sendet“ quasi auf allen Bändern gleichzeitig.

Die Harmonischen kann man aber auch wieder wegfildern, dazu benötigt man einen Tiefpass. Hier kommt ein elliptischer Tiefpass mit zwei Polstellen zum Einsatz. Die elliptischen Filter haben ein paar sehr interessante Eigenschaften, denn man kann, wenn man den Tiefpass geschickt auslegt, die beiden Pole direkt auf die harmonischen Frequenzen legen. So bekommt man bei uns eine Unterdrückung der Oberwellen von theoretisch mehr als 80 dB. Praktisch allerdings weniger, da es keine idealen Bauteile ohne Toleranzen und ohne Parasiten gibt, und man mit Verlusten arbeiten muss. Im Bild 5 sieht

Bezug von Brick-Sets über



DARC Verlag

DARC Verlag GmbH
Lindenallee 6
34225 Baunatal
verlag@darcverlag.de
www.darcverlag.de

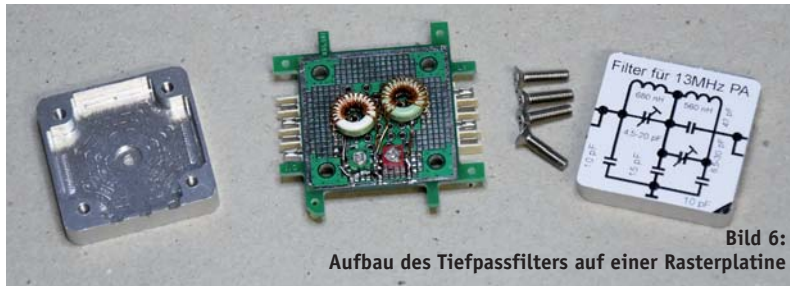


Bild 6:
Aufbau des Tiefpassfilters auf einer Rasterplatte



Bild 7: Frequenzgang des Tiefpassfilters (Tracking Generator + Spektrumanalysator)

man die ideale Kurve des Berechnungsprogramms [4]. Dort ist auch die Schaltung mit angegeben. Die Berechnung des Tiefpassfilters erfolgt hier mit dem Programm. Der liefert sehr brauchbare Ergebnisse, und man kann die Schaltung auch leicht modifizieren und so trimmen sowie Experimente damit anstellen. Schön ist auch die Möglichkeit, die theoretischen Werte auf Standardbauteile-Werte trimmen zu lassen. Und man kann die durch die Toleranzen bewirkten Änderungen direkt als Kennlinienschar sehen. Das Tiefpassfilter ist hier auf einer kleinen Rasterplatte aufgebaut (**Bild 6**), die man im DIY-Set unbestückt erhalten kann und damit ideal für eigene Experimente sind. Am Ausgang des Filters kann man nun mit dem Spektrumanalysator ein wesentlich besseres Spektrum sehen, bei dem die Harmonischen unter dem allgemeinen Störnebel schon praktisch vollkommen untergehen (**Bild 7**). Das Ergebnis ist nicht schlecht, die Oberwellen sind jetzt gut unterdrückt. Den Oszillator kann man so für einfache Über-

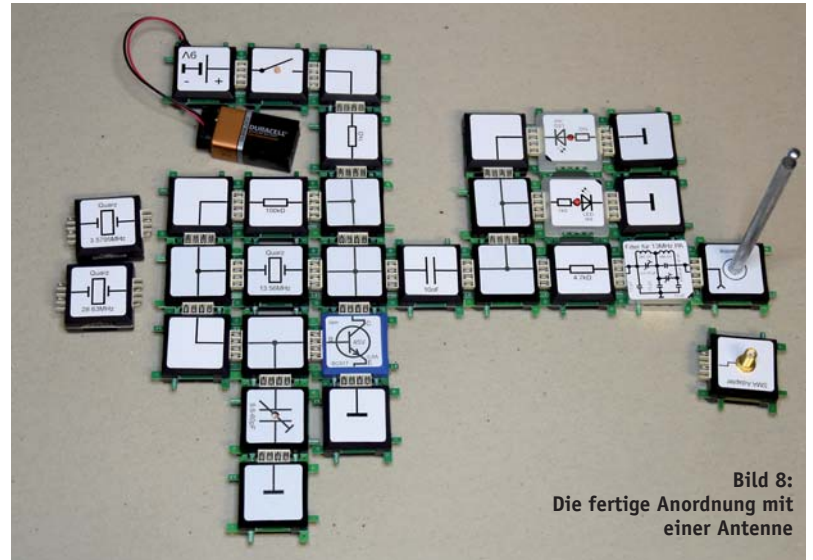


Bild 8:
Die fertige Anordnung mit einer Antenne

tragungsversuche verwenden (**Bild 8**). Wir haben den Tiefpass hochohmig an den Oszillator angekoppelt (der Ausgang unserer Schaltung hat schließlich keine 50 Ω Impedanz, dadurch wird auch die Ausstrahlung bei Experimenten noch zusätzlich gedämpft (beim Anschluss einer Antenne sind die gesetzlichen Vorschrif-

ten zu beachten, [3]). Im Bild sieht man auch andere Quarze für die Amateurfunkbänder. Hier muss man auch darauf achten, in welchem Bereich man sendet. Die Reichweite/Leistung unseres Tx ist bei der im Bild gezeigten Antenne sehr gering, aber für Experimente und Reichweitentests sollte es reichen. **CQDL**

In dem nächsten Artikel werden wir einen passenden Empfänger dazu bauen.



Editorial: Der DARC mit 66 Jahren – Aufbruch in die Zukunft!

Ja, auch im DARC wird das Leben aufblühen, wenn wir uns weiterhin aktiv beteiligen. Vor allem junge Funkinteressenten sind begeistert, wenn sie im Amateurfunk moderne Technik finden und diese auch von uns Älteren vermittelt bekommen. Keine moderne Amateurfunkausbildung ohne praktische Übungen und modernsten Bauteilen, die bei den Teilnehmern zu Aha-Erlebnissen aus der Amateurfunkwelt und Physik führen. Keine Scheu vor moderner Technik. Die Zeit ist reif. Wenn wir in dieser Richtung auch noch Unterstützung durch vorgefertigte Bausteine (Bricks) erhalten, dann fängt ein neues Experimentierleben für Jung und Alt an. Wir können die modernsten, hochintegrierten Schaltungen direkt zusammenstecken und aus Vorverstärker, Mischer und Oszillator wird im Nu ein Downconverter für P4-A auf dem katarischen

Satelliten Es'Hail2. Diese geostationäre Amateurfunknutzlast wird im neuen Jahr ein weiteres Experimentierfeld im Amateurfunk sein und dadurch auch die Funkbegeisterung bei jungen Menschen wecken. 2,4 GHz und 10 GHz werden in den Blickwinkel vieler Funkamateure geraten. Wir leben im Jahr 2016 und nutzen unsere technischen Möglichkeiten noch zu wenig. Wagen wir uns zusammen mit den Newcomern in diese neue Welt und experimentieren wir auch auf Frequenzen im Mikrowellenbereich. Sicherlich liegen die Hauptprobleme in der Kenntnis über neue hochintegrierte Schaltungen, in der Beschaffung und dann der Bestückung auf einer Platine. Wenn uns dies abgenommen wird und nur noch wenige, „große“ Peripheriebauelemente zu löten sind, dann können wir auf höchstem Niveau basteln, experimentieren und funken. Rolf-Dieter Klein, DM7RDK, ein „Urgestein“ der Mikrocomputertechnik, der bereits 1983 das Lehrsystem „Rechner Modular“ mit dem NDR-Klein-Computer entwickelte und in einer TV-Serie

im WDR und BR vorstellte, hatte eine großartige Idee und ist ein Gewinn für die Amateurfunkwelt. Damit trat er in die Fußstapfen seines Vaters, des Elektronikpioniers Dr.-Ing. Paul Eduard Klein aus Tettngang, der bereits vor 50 Jahren die PEK Lehr- und Lernmittel für Schulen und Betriebe im Bereich Elektronik für die Ausbildung entwickelte. Nun führt Rolf-Dieter sein Erbe weiter und hilft uns Funkamateuren mit seinen Steckbausteinen (Bricks) zu einem Einstieg in die hochintegrierte Technik von Oszillatoren, Mischern, Verstärkern und Detektoren. Ziel ist die Experimentiermöglichkeit mit diesen Bausteinen bis hinauf in den Mikrowellenbereich, nicht nur im eigenen Bastelraum, sondern auch im Team im Ortsverband und in den Ausbildungskursen. Lassen wir uns überraschen und behalten wir P4A auf Es'Hail2 im Auge. Ich wünsche für das Jahr 2016 vy 55 beim Experimentieren!

Michael, DK1KC
Michael Lowack, DK1KC

Brick'R'Knowledge

Rx mit einer Mischerstufe

Rolf-Dieter Klein, DM7RDK

Passend zu dem Sender aus den ersten Versuchen werden wir hier einen kleinen Empfänger bauen. Empfängerkonzepte gibt es viele. Einfach und interessant ist ein Direktempfänger mit einer Mischerstufe. Mischer gibt es bereits als fertige Bricks. Die Tonausgabe erfolgt über einen kleinen Lautsprecher mit vorgeschaltetem Audio-Verstärker. Ebenfalls als Brick.

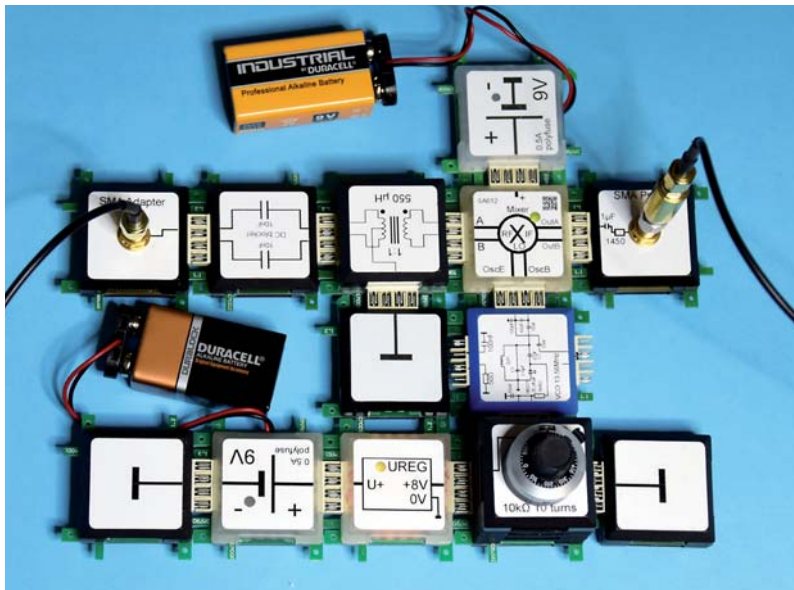


Bild 2: Testaufbau mit dem Mischer SA612. Extern wird ein 13,565-MHz-Signalgenerator eingespeist und rechts das Signal auf einen Spektrumanalysator geleitet. Dabei erfolgt eine hochohmige Anpassung an den SA612

Wir haben bei unserem Sender (s. S. 8ff.) nur den Träger ohne Modulation verwendet. Mit einer Taste kann man die Hochfrequenz ein- und ausschalten (CW). Um das Signal in den hörbaren Bereich zu transformieren, kann man ebenfalls einen Direktmischer einsetzen.

HF-Bricks

Zum Aufbau von HF-Schaltungen gibt es eigene Bricks, die sich dafür verwenden lassen. Das Hermaphroditsystem ist bis ca. 140 MHz einsetzbar. Es gibt dazupassende Adapter, zum Beispiel auf SMA und BNC. Ergänzen kann man das System durch komplexere Bausteine zum Beispiel für Mischer, VCOs, Baluns, verschiedene Filter und Demodulatorbricks. Damit lassen sich auch anspruchsvolle Schaltungen bis hin zum Doppelsuperhet-UKW-Radioempfänger mit FM-Decoder aufbauen. Für noch höhere Frequenzen wurde bei

den Bricks auch noch ein koaxiales Stecksystem (P-SMP) entwickelt, das wir im nächsten Artikel vorstellen werden. Für die Experimente in diesem Artikel reicht aber das Standard-System mit den 4-poligen Hermaphroditen. Auf Rasterplatten des Bricksystems – entsprechend dafür entwickelt – kann man auch eigene Schaltungen auflöten und mit den bestehenden Bricks kombinieren.

Direktempfänger

Der Direktempfänger verwendet eine Mischstufe, die das HF-direkt in das NF-Signal heruntermischt. Damit kann man z.B. auch SSB-Modulation hörbar machen. Aber auch CW-Signale, bei denen nur der Träger getastet wird, können als hörbares Signal ausgegeben werden. Dazu wird eine Mischfrequenz verwendet, die knapp neben der HF liegt. Das verwendete IC ist eines aus der Serie NE 602/NE612/SA602/SA612 (Bild 1).

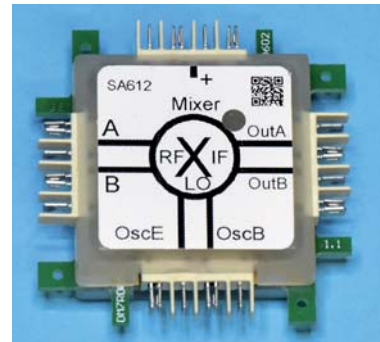


Bild 1: Mischer Brick SA 612

Mischerprinzip

Mischer sind faszinierende Bauteile. Man kann Mischer ganz unterschiedlich aufbauen, aber die Aufgabe ist eigentlich immer gleich: Eine HF-Frequenz soll entweder hoch oder runtergemischt, also in eine andere Frequenz umgesetzt werden. Dazu kann von zwei Frequenzen f_1 und f_2 einmal die Summe f_1+f_2 (Aufwärtsmischung) und die Differenz $|f_1-f_2|$ (Abwärtsmischung) gebildet werden. Dies erreicht man zum Beispiel durch eine Multiplikation der Frequenzen. Auch nichtlineare Kennlinien erfüllen diesen Zweck (Taylorreihe).

$$F_{\text{mix}} = f_1 \cdot f_2$$

$$F_{\text{mix}} = \sin(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t), \text{ Umformung siehe [2]}$$

$$F_{\text{mix}} = \frac{1}{2} \cdot (\cos(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t - 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t) - \cos(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t))$$

$$F_{\text{mix}} = \frac{1}{2} \cdot (\cos(2 \cdot \pi \cdot t \cdot (f_1 - f_2)) - \cos(2 \cdot \pi \cdot t \cdot (f_1 + f_2)))$$

Dabei kann f_2 die HF sein und f_1 der Oszillator (LO). Man bekommt dabei

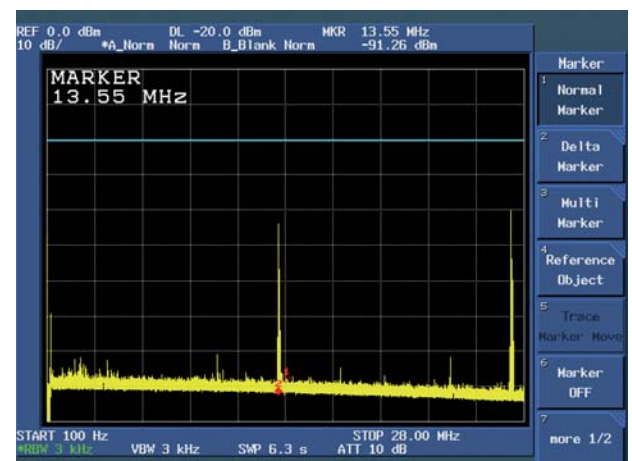


Bild 3 (links): Das Spektrum von ca. 13,565 MHz und 13,566 MHz zeigt zahlreiche, weitere Mischprodukte neben der Differenz und Summe der Signale

Den Autor erreichen Sie unter:
Rolf-Dieter Klein, DM7RDK
Strassbergerstr. 34
80809 München
dm7rdk@darf.de

immer beide Mischprodukte. Wir wollen die 13,565 MHz so mischen, dass ein hörbares Signal entsteht. Dabei kann man die Oszillatorfrequenz höher setzen. Für 1-kHz-Audiosignal muss man die Oszillatorfrequenz, auch LO genannt, 1 kHz höher setzen, also auf 13,566 MHz. Man bekommt beim Mischen neben der gewünschten Frequenz im Audibereich ($f_1 - f_2$: 1 kHz) auch eine zweite, unerwünschte Frequenz von $f_1 + f_2 = 27,131$ MHz. Diese müsste man ggf. noch wegfiltern, jedoch liegt sie nicht im hörbaren Bereich. Man kann solche mathematischen Berechnungen aber auch leicht experimentell prüfen, wenn man das Bricksystem dazu verwendet (**Bild 2**). Mit dem Heliopotenzimeter (10-Gang) kann man die LO-Frequenz in einem weiten Bereich einstellen. Man sieht (**Bild 3**) dann die Mischprodukte, einmal die Differenz (ganz links am Rand um die 1 kHz) und rechts die Summe bei ca. 27 MHz, sowie in der Mitte noch die LO-Frequenz des Oszillators, die hier nicht ganz unterdrückt wird. Durch Imperfektionen des Mixers entstehen noch andere unerwünschte Mischprodukte, mit denen man umzugehen lernen muss. Im Bild sieht man ein wenig davon.

NE 602/NE 612/SA 602/SA 612

Unser Mischer ist ein SA612. Er führt eine echte Multiplikation durch und verwendet dazu die so genannte Gilbert-Zelle. Diese wurde ca. 1967/68 von Berrie Gilbert erfunden. Der integrierte Baustein enthält neben dem Mixer auch einen Eingangsverstärker und eine Oszillatorschaltung. Bei 45 MHz hat man noch eine Verstärkung von 18 dB. Bei passiven Mixern wird der Signalpegel normalerweise reduziert. Die Eingangsfrequenz kann bis ca. 500 MHz reichen und die Oszillatorfrequenz bis ca. 200 MHz – für unsere Zwecke als mehr

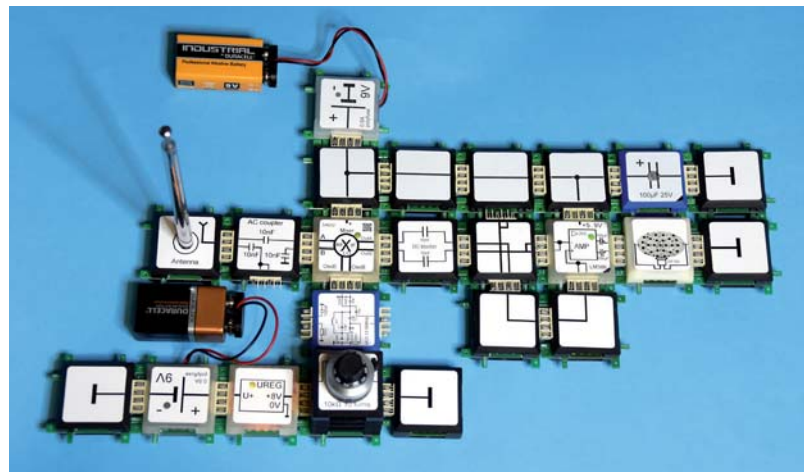


Bild 4: Empfänger mit Mischstufe und Verstärker. Die Antenne ist direkt angeschlossen

als ausreichend. Man kann die hier vorgestellte Schaltung aber leicht abwandeln und für andere Frequenzbereiche nutzen. Der SA612 wird sehr häufig in Empfangsschaltungen verwendet. Er besitzt einen Differenzialeingang mit einer Impedanz von ca. 1,5 k Ω . In diesem Fall muss man dann eine entsprechende Anpassung vornehmen. Man kann auch nur einen Eingang verwenden, und den anderen über einen Kondensator an Masse anschließen, verliert dadurch aber Verstärkung. Der eingebaute Oszillator benötigt eine Beschaltung von außen. Diese Schaltung kann mit einem Quarz oder L/C in Colpitts-Schaltung betrieben werden, aber auch eine Hartley-Beschaltung mit einem L/C ist möglich. Man kann die LO aber auch extern mit einem Generator zuführen und den Eingangstransistor direkt verwenden.

Oszillator

Wir verwenden zur Abstimmung einen Varaktor bzw. eine Kapazitätsdiode. Dabei wird die Kapazität in Abhängigkeit einer Spannung verändert und so eine Abstimmung des Oszillators möglich (Bild 2). Über ein Potenziometer, bei uns ein 10-Gang-Heliopot, ist eine komfortab-

le Abstimmung möglich, und man kann dadurch auch andere Eingangsfrequenzen abstimmen. Die Beatfrequenz (Audiofrequenz) für unser CW-Signal lässt sich so auch leichter einstellen. Der Oszillator-Brick wird direkt mit dem SA612-Brick verbunden. Er hat Anschlüsse für die beiden Eingänge E (Emitter) und B (Basis) des Oszillatortransistors im SA612. Ferner gibt es einen Eingang für die Abstimmspannung und einen Ausgang zur Kontrolle der LO-Frequenz. Die wird über einen kleinen Kondensator ausgekoppelt. Man kann diese entweder mit einem Oszilloskop oder einem Spektrumanalysator beobachten (Achtung hochohmig anschließen).

Verstärker

Jetzt muss man das gemischte Signal natürlich hörbar machen. Dazu verwenden wir den LM386-Brick. Dies ist ein NF-Verstärker, der direkt 8- Ω -Lautsprecher mit geringer Leistung (ca. 127 mW) treiben kann. Er besitzt bei uns eine fest eingestellte Verstärkung von 200. Das Besondere ist, dass er einen Differential-Eingang aufweist und ähnlich wie ein Operationsverstärker eingesetzt werden kann. Der Ausgang des Mixers ist eben-

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Pinhasi, Prof. Yosef. FM-Tuner Stereo MPX decoder SCA demodulator, www.ariel.ac.il/sites/yosip/MPX_Stereo_SCA-FM_Tuner.pdf. Stand 8.11.2015
- [2] <http://tinyurl.com/nbkmbw2>
- [3] Mini Ring Core Calculator 1.2. www.darc.de/distrikte/g/25/werkzeugkiste/software, www.df7sx.de/?page_id=212

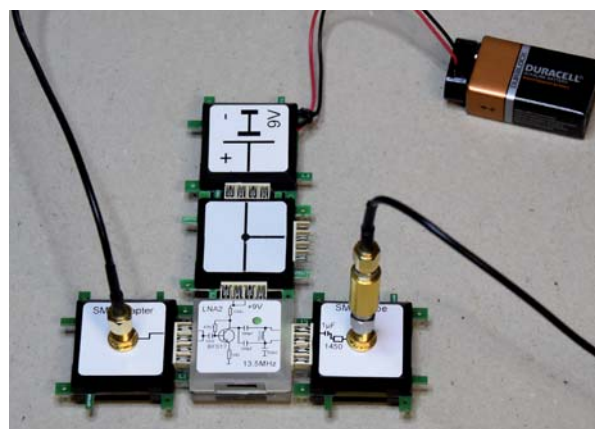


Bild 5: LNA mit Messaufbau

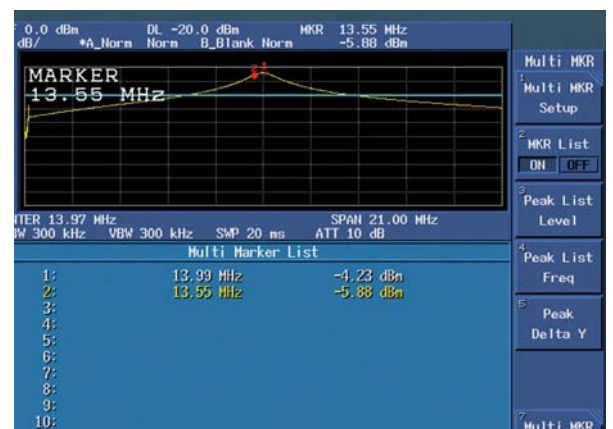


Bild 6: Resonanzkurve der LNA. Datei

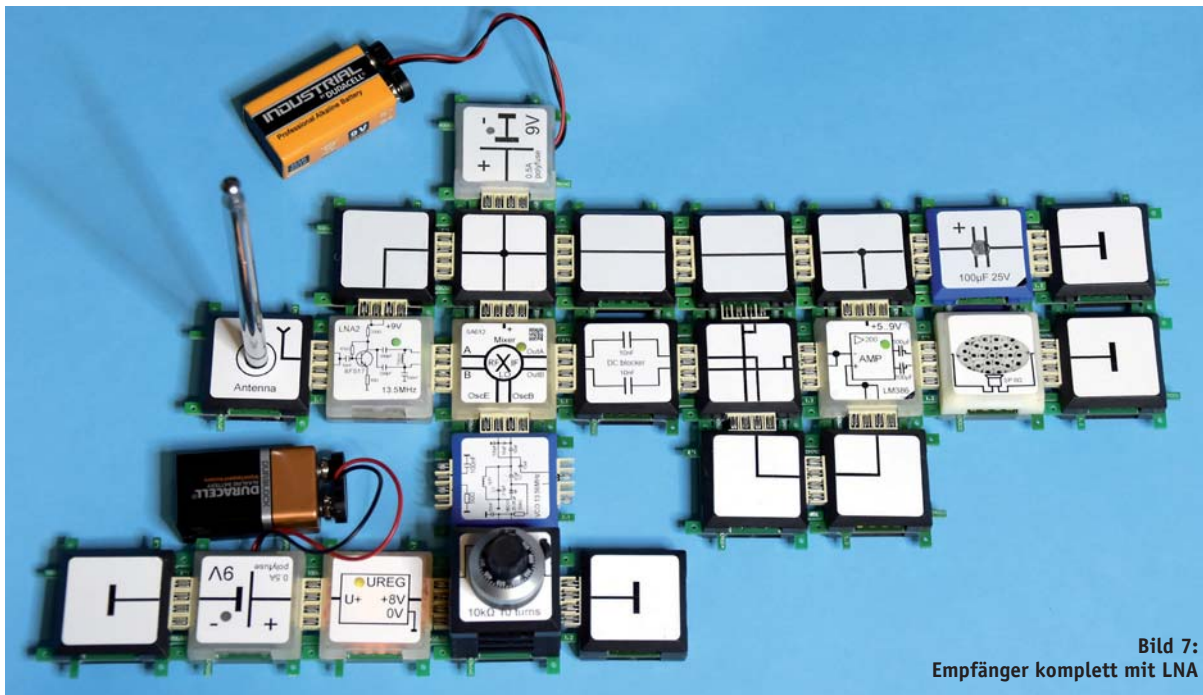


Bild 7:
Empfänger komplett mit LNA

falls differenziell mit einer Impedanz von $1,5\text{ k}\Omega$. Dabei wird eine Gleichspannung überlagert, denn die beiden Ausgänge sind direkt mit den Kollektoren der Transistorstufe der Gilbertzelle verbunden. Das bedeutet, die Ankopplung muss über Kondensatoren erfolgen, um den DC-Anteil wegzubekommen. Eigentlich müsste man noch einen Filter dazwischensetzen, sodass nur ein schmaler Bereich des Spektrums an den Verstärker durchgelassen und speziell das zweite Mischprodukt unterdrückt wird. In dieser Schaltung haben wir das weggelassen, denn der NF-Verstärker hat selbst eine Tiefpassfunktion (Bild 4).

Der LM386 neigt zum Schwingen, wir haben daher einen $100\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator zum Abblocken verwendet. Der Brick selbst hat aber auch entsprechende Blockkondensatoren eingebaut.

LNA

Man kann den einen Eingang des Mixers direkt mit einer kleinen Antenne versehen, um unseren CW-Sender hörbar zu machen. Die Großsignalfestigkeit des SA612 ist aber leider sehr schlecht. Es empfiehlt sich, bei dem Eingang des Bausteins eine Vorselektion anzuschließen. Bei der Gelegenheit kann man auch eine einfache Verstärkerstufe, einen LNA davorsetzen, sodass unser Empfänger etwas empfindlicher wird. Der LNA liefert bei der Resonanzfrequenz von $13,5\text{ MHz}$ ca. 15 dB Verstärkung (Bild 5). Die Schaltung wird in [1] ausführlich mit Berechnungsformeln dargestellt.

Die LNA verwendet bei uns den Transistor BFS17 anstatt des MPSH10 im Original-PDF-Dokument, der ähnlich geeignet ist. Man kann ihn auch bei höheren Frequenzen, zum Beispiel UKW-Radio, als Vorstufe einsetzen.

Die LNA erfordert ein LC-Glied, das grob auf die Frequenz abgestimmt sein muss. Wir haben eine Resonanz von ca. $13,5\text{ MHz}$ vorgesehen. Bei vorgegebener Spule mit $L = 765\text{ nH}$ ergibt sich 180 pF . Da zwei Kondensatoren in Serie sind, benötigt man den doppelten Wert, also 390 pF . Die Kondensatoren bewirken auch eine Impedanztransformation von ca. $330\text{ }\Omega$ auf $1,3\text{ k}\Omega$, entsprechend dem Eingangswiderstand des NE602 (der auch frequenzabhängig ist). Zur Ankopplung an die Antenne wird dann ein 10-nF -Kondensator (statt 100 pF des Originals) verwendet, da wir in einem niedrigeren Frequenzbereich arbeiten. Zur Spule kann man noch einen Trimmkondensator parallel schalten, um einen Abgleich zu ermöglichen. Die Kondensatoren werden dann entsprechend kleiner ausgewählt. Als Spule kommt hier ein Ringkern vom Typ T25-6 mit 17 Wicklungen und $0,4\text{ mm}$ Cu-Draht zum Einsatz. Die 17 Windungen ergeben ca. 780 nH und mit einer Windung weniger sind es etwa 691 nH . Berechnungssoftware siehe [3].

Im Spektrum (Bild 6) sieht man deutlich die Resonanz, hier ohne Trimmung. Die Werte können natürlich je nach Bauteilstreuung variieren, wenn man es also sehr genau will, braucht man den Trimmer. Im Brick haben wir

einen Trimmer vorgesehen, sodass man einen Feinabgleich vornehmen kann.

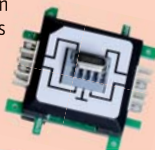
Wenn man den SA612 noch besser anpassen will, kann man auch eine symmetrische Ankopplung vornehmen. Dazu könnte man einen Balun verwenden oder die Schaltung entsprechend modifizieren. Die fertige Schaltung ist mit einer kleinen Antenne schon recht empfindlich (Bild 7). Nun könnten noch weitere Verbesserungen, z.B. mit einem Tiefpassfilter am Ausgang des Mixers, erfolgen, um das leicht störende Zwischengeräusch noch wegzubringen usw.

Erweiterungen

Die Schaltung kann man auch generell zum Kurzwellenempfang verwenden. Dazu muss man nur die LO-Frequenz anpassen und die LNA Stufe ebenfalls entsprechend neu ausführen. Damit lässt sich auch ein DARC-Radio aufbauen. Bei der Mischung muss man dann aber aufpassen, da es sich um ein AM-Signal handelt, das entsprechend weiterverarbeitet werden muss.

Man kann die Schaltung auch in ein Doppelsuperhet umwandeln, indem man z.B. auf eine Zwischenfrequenz von $10,7\text{ MHz}$ mischt. Dann kann man preiswerte Quarzfilter verwenden und in einer zweiten Mischerstufe entweder wie hier direkt heruntermischen, oder auf eine weitere Zwischenfrequenz gehen, z.B. 455 kHz , und dann dort demodulieren, z.B. FM. Doch fürs Erste wollen wir es hier bei der einfachen Schaltung belassen. Diese soll aber als Anregung für eigene Experimente dienen. CQDL

Bezug von
Brick-Sets
über



DARC Verlag

DARC Verlag GmbH
Lindenallee 6
34225 Baunatal
verlag@darcverlag.de
www.darcverlag.de

Brick'R'Knowledge

Netzwerkanalyse mit Bricks realisiert

Rolf-Dieter Klein, DM7RDK

Neben einfachen sind auch komplexe Anwendungen mit dem Brick-Stecksystem möglich. In diesem Beitrag wird ein skalarer Netzwerkanalysator beschrieben.

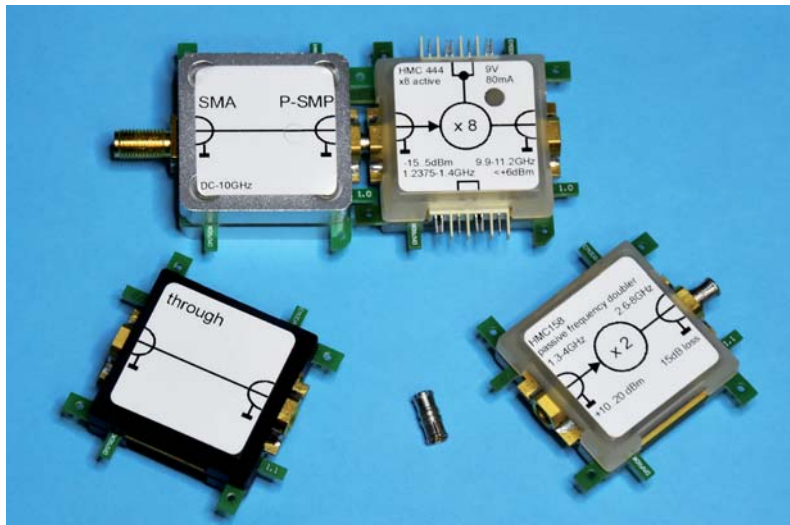


Bild 1: Steckverbinder für HF mit P-SMP-Stecksystem

Bei dem Brick'R'Knowledge-System ist es auch möglich, Prozessoren zu integrieren. Dabei können bewährte und weit verbreitete Plattformen, wie Arduino, Raspberry Pi, Banana Pi etc. zum Einsatz kommen. Es gibt jeweils unterschiedliche Adapter-Bricks dazu, auf denen die CPUs eingesetzt werden können. Internet of Things ist ein wichtiges Stichwort, denn man kann mit den Prozessoren auch leicht „Dinge“ fürs Internet einbinden. Damit gibt es auch eine Brücke zwischen der HF-Technik und der Internetwelt. Viele interessante Möglichkeiten bei der Steuerung von HF-Schaltungen ergeben sich ebenfalls. Ein praktisch verwendbares Beispiel soll hier gezeigt werden.

Skalarer Netzwerkanalysator

Ein Messinstrument, das man zum Beispiel zum Durchmessen von Filtern verwenden kann, soll hier mit Bricks gebaut werden. Dabei soll ein Bereich von 400...800 MHz verwendet werden (erweiterbar auf 1,3 GHz).

Zur Realisation braucht man zwei wichtige Komponenten. Einen durchstimmbaren Oszillator und einen HF-Detektor, der eine logarithmische Darstellung, z.B. des RMS-Wertes, ermöglicht. Beides gibt es als Bricks für unterschiedliche Frequenzbereiche. Die Ablaufsteuerung, also Durchstimmen, messen und anzeigen soll der Arduino übernehmen.

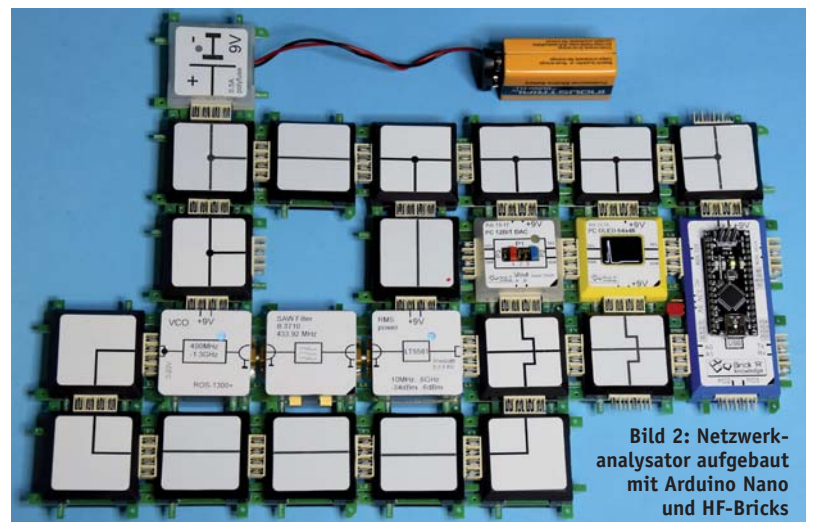


Bild 2: Netzwerkanalysator aufgebaut mit Arduino Nano und HF-Bricks

Realisation in Bricks

Dazu braucht man ein kleines Sortiment aus der HF-Serie der Bricks. Dabei kommt ein wichtiger koaxialer Steckverbinder für die HF-Leitungen zum Einsatz: der Rosenberger P-SMP-Verbinder. Er ist für DC bis 10 GHz spezifiziert, bei maximal 200 W (bei 2 GHz). Das Besondere an dem Steckverbinder ist, dass man ihn nicht schrauben muss, und dass zwei gleiche Enden verwendet werden können. Dazwischen wird ein kleiner Verbinder gesetzt. Außerdem passt das flexible Stecksystem sehr gut ins Brick-System und hält auch die Rasterabstände ein, die schon mit dem Hermaphrodit-System vorgegeben sind. Damit kann man auch anspruchsvolle HF-Aufgaben zusammenstecken (**Bild 1**). Die HF-Bricks sind dann im Allgemeinen in Metallgehäusen untergebracht, bei einigen unserer ersten Prototypen, wie im Bild sichtbar, ist der Einfachheit noch ein Kunststoffgehäuse verwendet. Vom P-SMP-System der Bricks gelangt man mit Adapter-Bricks auch auf SMA und BNC – je nach Anwendung. Die Platinen des HF-System verwenden im Allgemeinen 50-Ω-Microstrips, je nach Anbindung an die verwendeten ICs ggf. auch Coplanar-Leitungen. Platinenmaterial ist FR-4, soweit möglich, ansonsten wird Rogers 4350 wegen der besseren HF-Eigenschaften verwendet.

Die CPU

Der Mikrocomputer Arduino Nano kommt hier in einem Brick zum Einsatz. Er steuert über einen D/A-Umsetzer-Brick einen VCO. Der Ausgang des VCOs gelangt dann über das zu testende Element wieder an einem RMS-Detektor, ebenfalls ein Brick-Baustein. Der Ausgang des RMS-Detektors wird direkt mit dem A/D-Umsetzer, der im Arduino Nano eingebaut ist, gemessen. Der Wert kann dann in einer grafischen Darstellung auf einem OLED-Brick angezeigt werden.

Der Arduino-Nano-Brick wird zur Programmierung über den USB-Stecker mit dem PC verbunden. Die ganz normale Arduino-Programmierschnittstelle kommt dann zum Einsatz. Versorgt wird die gesamte Schaltung mit einer 9-V-Quelle (**Bild 2**). Da in jedem Brick, der komplexere Bauteile enthält, ein Spannungsregler eingebaut ist, laufen die Schaltungen auch in einem erweiterten Bereich mit mehr als 9 V. Dabei ist aber die Spezifikation der einzelnen Bricks zu beachten.

D/A-Umsetzer

Ein D/A-Umsetzer wandelt eine digitale Größe in eine analoge Größe um, in dem Fall eine Spannung. Der D/A-Umsetzer, der hier verwendet wird, ist ein I2C-Baustein, das ist eine synchrone serielle Schnittstelle. Er hat eine Auflösung von 12 Bit, also 4096 Schritte. Man kann den Ausgangsspannungsbereich mit Jumpern einstellen. Dabei sind 0...5 V, 0...10 V für uns interessant. Den ebenfalls am Brick vorgesehenen Bereich 0...20 V erreicht man erst durch eine andere Beschaltung des Bricks mit einer zusätzlichen Spannungsquelle. Zum Einsatz kommt im Brick der D/A-Umsetzer AD5622. Er wird im Brick mit 5 V versorgt. Auf dem I2C belegt er eine Adresse. Man kann bis zu drei solcher Wandler gleichzeitig am I2C-Bus verwenden. Dazu gibt es Jumper auf der Unterseite des Bricks, mit denen man die Adresse einstellen kann.

Der D/A-Umsetzer ist ein Rail-To-Rail-Typ, das heißt, er hat einen festen Bereich von 0...5 V, bis auf wenige mV, wobei die Obergrenze durch den internen 5-V-Stabilisator vorgegeben sind. Wir wollten für den Brick aber einen größeren Ausgangsbereich als 0...5 V, daher ist ein Operationsverstärker LM324 nachgeschaltet. Ferner gibt es zwei Spannungswandler die zusam-

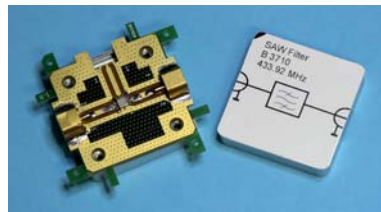


Bild 3: Bandpassfilter mit SAW 433 MHz, auf einem HF-Raster-Brick aufgebaut

Bild 4 (rechts): Filterergebnis des Bandpasses auf der OLED zu sehen

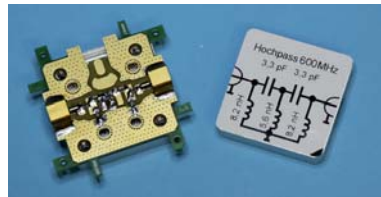


Bild 5: 5-poliges Hochpass-Chebyshev-Filter für 600 MHz als Brick

men noch -10 V erzeugen, für den negativen Spannungsbereich, den wir aber nicht benötigen. Eingestellt wird der Spannungsbereich über Jumper an der Oberseite. Die sollte man immer sorgfältig kontrollieren.

Die VCO

Der D/A-Umsetzer soll direkt den VCO steuern. Der hier verwendete VCO-Brick liefert bei einer Eingangsspannung von 0...20 V ein Signal mit etwa 365 MHz bei 0 V bis 1,399 GHz bei 20 V. Wir werden den Baustein aber nur bis ca. 8 V verwenden, was dann etwa 800 MHz entspricht. Wer will, kann die Schaltung auch entsprechend erweitern. Verwendet wir das IC ROS-1300+ [2] von Minicircuits, dort kann man sich im Datenblatt auch die genaue Tabelle für die Spannungsabhängigkeit ansehen. Der Verlauf ist recht linear mit ca. 40...60 MHz/V, damit auch ausreichend für die einfache Beispielanwendung. Die harmonische F2 liegt bei ca. -10 dB, was für unsere vereinfachte Applikation als Netzwerkanalysator nicht so störend ist, deshalb verwenden wir kein zusätzliches Filter. An Leistung liefert der Baustein ca. 8 dBm und passt damit gut an den nachfolgenden Detektor-Baustein. Aus der Serie gibt es noch weitere Pin-kompatible Modelle, die man für andere Messbereiche des Amateurfunks gut verwenden kann (2 m, 13 cm, 9 cm und 6 cm).

RMS Power Detektor

Hier kommt das IC LT5581 [3] zum Einsatz mit einem Frequenzbereich von

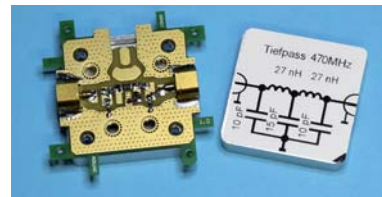
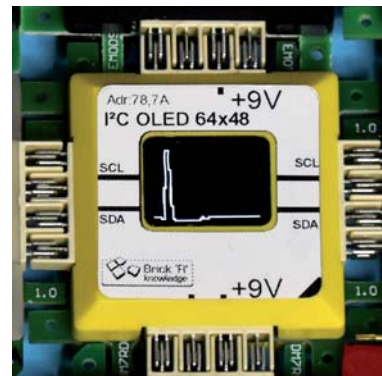


Bild 6: 5-poliger Tiefpass-Chebyshev-Filter 470 MHz als Brick

10 MHz bis 6 GHz und einem 40 dB log linear Dynamik-Bereich. Dabei reicht der Eingangsbereich von -34 ... 6 dBm. Der Baustein liefert am Ausgang eine Spannung, die von ca. 0,3 V bei -34 dBm bis ca. 1,5 V bei 6 dBm reicht. Die Steigung beträgt ca. 31 dB/mV. Im Brick befindet sich zusätzlich ein Spannungsregler für 5 V und eine Breitband-Anpassung auf 50Ω , da das IC selbst eine über die Frequenz-variiere Eingangsimpedanz besitzt. Als Ausgangsstrom sind maximal 5 mA angegeben, die Anpassung an einen A/D-Umsetzer ist also nicht kritisch.

A/D-Umsetzer

Praktischerweise ist im Arduino Nano (der Microcontroller ist ein ATmega 328) bereits ein 10-Bit-6-Kanal-A/D-Umsetzer eingebaut, der auch auf die Kontakte des Bricks geführt ist. Damit kann man die analoge Spannung des RMS-Detektors auch wieder in einen digitalen Wert umsetzen. Die Auflösung mit 10 Bit liefert 1024 Stufen. Man misst im Bereich 0...5 V. Den können wir leider so einfach voll ausnutzen, da die D/A-Umsetzer-Spannung im Bereich 0,3...1,5 V kleiner ist. Es ergeben sich dabei aber immer noch ca. 245 Stufen Auflösung. Auf dB umgerechnet sind dies ungefähr 0,16 dB für einen Schritt.

OLED

Anzeigeelemente sind immer sehr wichtig. Elegant sind heutzutage OLEDs, Organic Light Emitting Diodes. Ein 64x48-Pixel-Display ist als 1x1 Brick verfügbar. Er wird über den I2C-Bus angesteuert und belegt nur eine

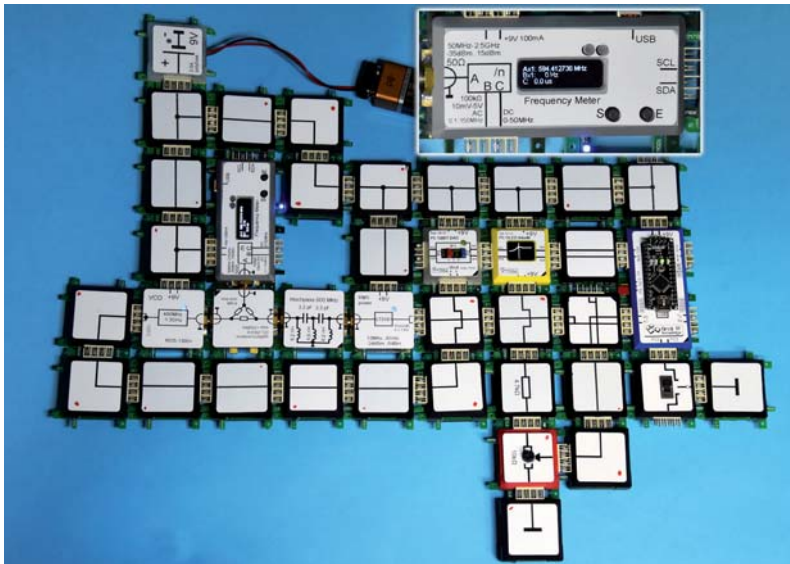


Bild 7: Netzwerkanalysator mit erweiterter Funktion, Einstellbarer Marker und Frequenzmess-Brick

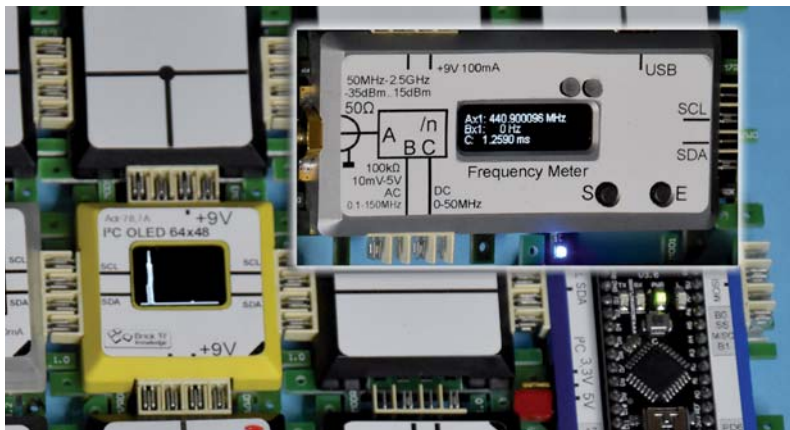


Bild 8: OLED mit Marker und Frequenzanzeige eingeblendet für den Bandpassfilter

I2C-Adresse. Maximal zwei solcher Bausteine kann man pro Bus einsetzen. Auf der Rückseite gibt es einen kleinen DIL-Schalter für die Adresseinstellung. Die OLED besitzt auch einen eigenen Controller, den SSD 1306 mit Anzeigespeicher. So gibt es neben Befehlen für die Bildübertragung auch welche für das Timing, Bildhelligkeit, Invertierung usw. Auf der Arduino-Seite haben wir dazu eine kleine Bibliothek vorbereitet, die das Arbeiten mit der OLED erleichtert. Dort gibt es Befehle zum Zeichnen, von Punkten, Linien und Flächen, sowie zur Darstellung von Text mit einem eigenen kleinen Zeichensatz. Die Zeichentabelle wird dabei im Programm mit abgespeichert. Es ist eine einfache Proportionalschrift vom Typ Arial. Der Zeichensatz wurde mit dem BitFont-Creator Pro v3.00 erzeugt. Ein Tool, das auch sonst für viele, die sich mit Microcontrollern und Zeichensätzen beschäftigen, interessant sein dürfte. Das Tool rastert eine Schrift und deren Zeichen, die man angeben kann, und setzt sie in Tabellen um, die man leicht mit einem

Microcontroller bearbeiten kann. Die Bibliothek verwendet zusätzlich einen so genannten Schattenspeicher. Dort werden zunächst alle Zeichnungen abgelegt. Erst wenn ein Bild fertig erstellt ist, kann man es schnell auf den Bildspeicher der OLED übertragen. Diese Vorgehensweise verhindert Flickereffekte auf der OLED, da immer ein komplettes Bild übertragen wird. Sonst müsste man ein Bild erstmal löschen, dann die Teile neu zeichnen usw. Dabei würde man den Bildaufbau stückweise erkennen können. Mit dem Schattenspeicher lassen sich auch leicht kleine Animationseffekte flickerfrei realisieren.

Funktionsweise

Nun zum eigentlichen Ablauf. Die A/D-Umsetzer-Werte werden in einem kleinen Buffer von 64 Tiefe gespeichert. Mehr Werte braucht man nicht, da die OLED ja nur 64 Spalten besitzt. Der Wertebereich ist auf 0...45 gesetzt (bis 47 hätte man Platz). Als erstes wird der Buffer auf dem OLED ausgegeben. Am Anfang ist er noch undefiniert, aber dies

wird sich nach dem kompletten Schleifendurchlauf noch ändern. Es werden die einzelnen Punkte miteinander verbunden und auf der OLED ausgegeben. Bei den Koordinaten der OLED muss man etwas aufpassen, x geht von 0...63 und dabei von links nach rechts. Die y-Achse ist aber, wie allgemein üblich, von oben nach unten laufend mit dem Wertebereich 0...47.

Im Programm erfolgt nun die eigentliche Messung. Dabei wird die D/A-Umsetzer Auflösung voll verwendet. Die Schleife läuft daher von 0 bis 4095. Die Variable ist mit „freq“ bezeichnet. Dieser Wert wird auch an den D/A-Umsetzer ausgegeben. Im Programm für alle möglichen I2C-Adressen des D/A-Umsetzer. Der Arduino hat dazu komfortable Bibliotheken, den I2C anzusteuern. Die Ausgabe ist bei uns in der Routine `i2c_da_write_command()` gekapselt.

Im nächsten Schritt wird der Wert des A/D-Umsetzers ausgelesen. Hier Kanal 0. Der Wertebereich ist hier von 0,3 V bis 1,6 V angenommen. Es wird daraus ein Wert zwischen 0 und 45 ermittelt, der direkt für die Ausgabe passt. Nun gibt es einen kleinen Trick. Eigentlich hätten wir ja nur 64 verschiedene Frequenzen abtasten müssen, aber dabei könnten schmalbandige Bandpassfilter leicht untergehen, wenn der Abtastpunkt vor der Filterfrequenz oder danach liegt. Daher verwenden wir hier die höchst mögliche Auflösung bei der Abtastung, also 1/4096 des maximalen Bereichs. Nun bekommt man aber mehrere Werte pro Pixel als Ergebnis. Man muss die Zahl wieder reduzieren. Das einfachste ist, eine Peak Detektion vorzunehmen. Es wird also abgefragt, ob der neue Wert größer ist als der bereits gespeicherte. Wenn ja, dann wird der neue Wert übernommen. Der Speicher wird zuvor auf 0 gesetzt (bzw. bei uns gleich auf den Wert 47, der so nicht vorkommt). Schmale Filterantworten von einem Bandpass werden damit nicht so leicht übersehen. Wenn man Notchfilter durchmessen will, müsste man ggf. eine andere Strategie fahren.

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Minicircuits, R05-1300+: <http://194.75.38.69/pdfs/R05-1300+.pdf>
- [2] Linear Technologie. LT5581: www.linear.com/product/LT5581
- [3] www.brickrknowledge.de
Dort sind auch die Quellcodes zum Beispiel zu finden

Filtercharakterisierung

Nun wollen wir auch mal ein paar Filter zeigen und wie die Antwort dazu aussieht. Ein schönes Beispiel ist der SAW-Filter bei 433 MHz (**Bild 3**). Man kann sehr schön die Filterantwort selbst auf dem kleinen OLED sehen. Die Kurve des Bandpasses kann man im Bild deutlich sehen (**Bild 4**). Dann haben wir noch einen Hochpass-Chebyshev-Filter bei ca. 600 MHz (**Bild 5**), man könnte ihn z.B. für einen Empfänger beim 23-cm-Band einsetzen, um Störungen aus den unteren Bändern zu unterdrücken und dann noch einen Chebyshev Tiefpass bei 470 MHz (**Bild 6**), mit dem lassen sich zum Beispiel Harmonische unterdrücken, wenn man auf 433 MHz senden will. Wer will, kann das Programm auch erweitern, und die Daten auf einen PC mit voller Abtastauflösung übertragen. Dann sollte man schon ein recht aussagekräftiges Bild erhalten. Es bleibt aber noch eine Frage: Wie kann man das ganze kalibrieren? Bisher haben wir keine genaue Frequenzangabe. Die Kurven von Minicircuits könnte man dazu heranziehen, aber die VCOs driften auch mit der Temperatur. Daher lassen sich genaue Frequenzen nicht voraussagen.

Erweiterung Marker

Die Schaltung haben wir dazu nochmal erweitert (**Bild 7**). Mit einem Potenziometer kann man nun einen Marker auf dem OLED verschieben.

Dies soll eine Frequenzmessung ermöglichen. Dazu benötigt man nun entweder einen externen Frequenzmesser oder unser Frequenzmessbrick (von DC bis ca. 2,6 GHz mit Teiler-Bricks bis 26 GHz). Ein Schalter wurde vorgesehen, damit kann man die Frequenz des VCOs auf die Markerfrequenz setzen und dann die Frequenz ermitteln. Dazu wird das Signal über einen Splitter aufgeteilt, ein Brick mit einem breitbandigen passivem Splitter. Er bringt zwar einen Verlust von 6 dB, aber die Ausgangsleistung vom VCO mit 8 dBm war vorher sowieso im Sättigungsbereich vom RMS-Detektor und ist damit mit 2 dBm angepasst. Unser Frequenzmessbrick kommt ebenfalls damit klar. Wenn man den Schalter umlegt und damit PD2 auf 0 V legt, wird der normale Wobbelvorgang angehalten und stattdessen der aktuelle Wert des Markers ausgegeben. Die Kurve bleibt bestehen, sodass man den Marker mit dem Potenziometer noch verschieben kann und gleichzeitig das Messergebnis sieht (**Bild 8 und 9**). Im Bild ist unser Frequenzmessgerät gleich mit in die Schaltung integriert. Natürlich kann man auch ein externes anschließen, z.B. über einen unserer SMA-Adapter. Man sieht bei den Filtern, dass diese nicht ganz optimal eingestellt sind, diese müsste man aufgrund unserer Messergebnisse dann entsprechend anpassen. Den Sourcecode zu den Beispielen kann man sich herunterladen [3]. Ein Ausschnitt ist im **Kasten** gezeigt.



Bild 9: OLED mit Marker und Frequenzanzeige eingeblendet für den Tiefpassfilter

Arduino Hauptprogramm

```
.....
char advalbuf[64]; // loop

void setup() {
  Wire.begin(); // I2C Initialisierung
  i2c_oled_initall(i2coledssd); // OLED Initialisierung
  for (int i=0; i<64; i++) advalbuf[i]=47; // Default fuer Buffer
}

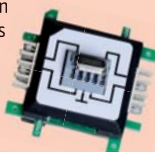
void loop() { // Schleife
  // 64x48 Pixel OLED
  static int cxx = 0; // Ringbuffer
  static int daval = 0; // fuer Ausgabe
  static int freq = 0;
  const int AUFLONES = 4096/64;
  int index = 0;
  int y1 = 0;
  int ana0 = analogRead(A0); // Einlesen A/D-Umsetzer
  char buffer[40]; // ASCII Textbuffer
  disp_buffer_clear(COLOR_BLACK); //
  double p1 = 0;
  int i=0; // Spalte
  int yold = advalbuf[0%64];
  for (i=0; i<63; i++) { // Alles ausgeben
    y1 =advalbuf[i];
    disp_line_lcd (i, yold, i, y1, COLOR_WHITE);
    yold = y1;
    advalbuf[i] = 47;
  }
  disp_lcd_frombuffer();
  // DA Umsetzer Werte ausgeben Saegezahn !
  for (freq=0; freq<4096; freq++) { // ca 100kHz step
    daval = freq; // Kennlinie auf einen Schirm
    i2c_da_write_command(i2cdasel1,daval); // alle
    i2c_da_write_command(i2cdasel2,daval); // moeglichen
    i2c_da_write_command(i2cdasel3,daval); // I2C nehmen
    ana0 = analogRead(A0); // Einlesen A/D-Umsetzer
    // LT 5581 -> -34dBm .. 6dBm 10MHz-6GHz
    // 0V intercept 0.2V..1.6V
    p1 = (ana0*5000.0)/1023.0-300.0; // AD Wandler 5V 300mV
    if (p1 < 0) p1 = 0;
    p1 = p1 / (1600.0-300.0);
    if (p1 > 1.0) p1 = 1.0; // Clamp bei 6dBm
    y1 = 47 - (p1 * 45.0); // 1.6V Max -> 45 pixel
    index = freq / AUFLONES;
    if (y1 < advalbuf[index]) { // peak detection
      advalbuf[index] = y1; // merken 0..4xx V +-128
    }
  }
}
```

Ausblick

Die Schaltung und das Programm lassen sich leicht weiter ausbauen. Z.B. mit Spannungsteilern und Potenziometern am D/A-Umsetzerausgang kann man auch Teilbereiche vergrößern (wenn man die Auflösung die Abtastung nicht reduzieren will). Man kann mehrere Marker einblenden und damit Messungen vornehmen. Oder man koppelt alles an den PC und schreibt dort ein Auswerteprogramm.

Durch Änderung der VCO oder mit einem Mischer lassen sich auch andere Frequenzbereiche verwenden. Hier hat man viele Experimentiermöglichkeiten und neue Bricks folgen schnell, die einem den Aufbau erleichtern. **CQDL**

Bezug von
Brick-Sets
über



DARC Verlag

DARC Verlag GmbH
Lindenallee 6
34225 Baunatal
verlag@darcverlag.de
www.darcverlag.de