

Funk Funktionsprüfung im Produktionsablauf



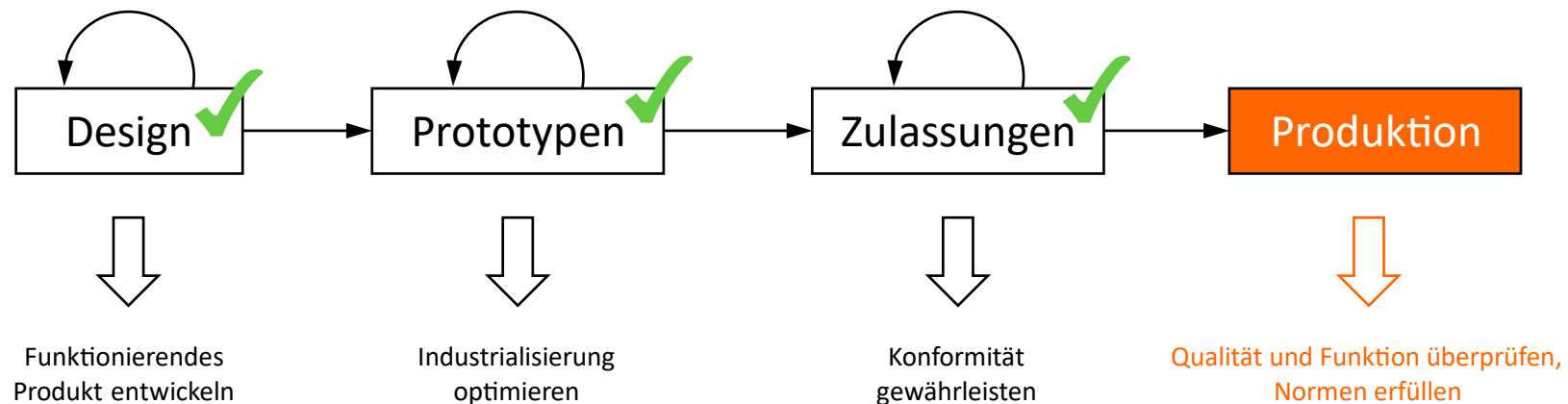
Produktion

Was wird gemacht

- Funktionstest von bestückter Elektronik
- Funktionstest von kompletter Baugruppe

Was wird nicht gemacht

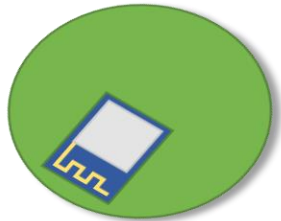
- Designverifikation
- Zulassungsmessungen



Ziele

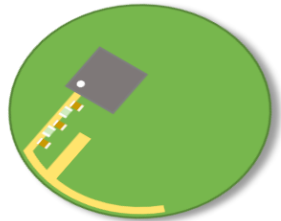
- Sicherstellen, dass Komponenten korrekt bestückt sind (Module..)
- Sicherstellen, dass Komponenten korrekt funktionieren (Einfluss von Gehäuse...)
- Sicherstellen, dass sich DUT wie spezifiziert verhält und kein Ärger macht
- Gewährleisten konstanter Qualität
- Erkennen von Veränderungen in Bauteilen oder Materialien
- Erfassen von Statistik und Auswertung
- Erfüllen erforderlicher Normen (z.B. Medical ISO 13485)

Ansätze



Funkmodule

- Reduzierter Testaufwand, da bereits getestet und zugelassen
- Verifizieren von Gesamtfunktion



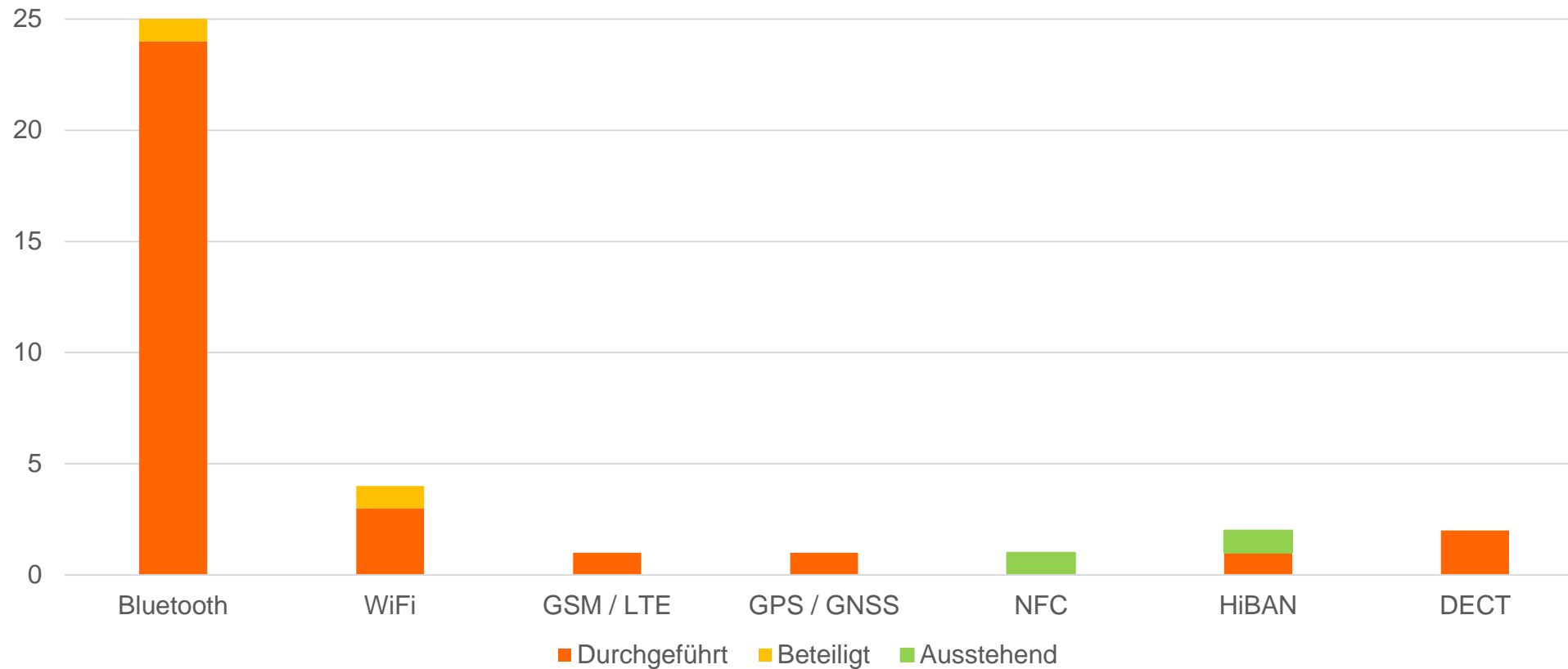
Flat Design

- Erhöhter Testaufwand
- Verifizieren von Gesamtfunktion und Performance

Tipp: RF Messung wenn möglich kabelgebunden durchführen!

Durchgeführte Projekte

RF Projekte 2010 - 2022



Herausforderungen

Qualität

- Definieren von sinnvollen Pass / Fail Kriterien → erfordert Messreihen
- Testumgebung / Produktionsumgebung muss „kalibriert“ werden → gute / schlechte Samples
- Reproduzierbarkeit (Positionierung, Aufbau..)
- Immunität gegenüber Störer (Schirmung..)

Effizienz

- Testzeit und Aufwand minimieren (Kosten)
- Programmieren von Testfirmware und aktivieren von Testmodi

Kosten

- Testaufbau
- Prüfgeräte
- Operator, Testzeit

Übliche Probleme

Symptom	Ursache	Folgen	Test
Niedrige Sendeleistung	Schlechte Lötstellen Fehlerhafte Anpassung Antenne verstimmt	Reduzierte Funkreichweite Erhöhter Stromverbrauch Reduzierte Batterie Laufzeit	Messen von Sendeleistung Messen von BER / PER in Tx Modus Messen von RSSI in Tx Modus
Niedrige Sensitivität	Schlechte Lötstellen Fehlerhafte Anpassung Antenne verstimmt Lokale Störer (DCDC..)	Reduzierte Funkreichweite Erhöhter Stromverbrauch Reduzierte Batterie Laufzeit	Messen von BER / PER in Rx Modus Messen von RSSI in Rx Modus
Starke Harmonische	Fehlerhaftes Harmonic Filter	Gerät stört Umgebung	Messen von Spektrum
Sendefrequenz verstimmt	Fehlerhafte Takterzeugung Quarz oder Tuning Kondensatoren fehlerhaft	Reduzierte Funkreichweite Erhöhter Stromverbrauch Reduzierte Batterie Laufzeit	Messen von Spektrum
Hoher Stromverbrauch	Bauteile defekt Kurzschlüsse	Reduzierte Funkreichweite Reduzierte Batterie Laufzeit	Messen von Strom in Rx / Tx Modus
	Änderungen an Bauteilen, Toleranzen Änderungen an Materialien (FR4, Gehäuse..)	Antenne verstimmt Reduzierte Funkreichweite Reduzierte Batterie Laufzeit	

Überlegungen

- Welche Tests sind sinnvoll / notwendig?
- Welche Testmittel werden benötigt?
- Welche Testmittel besitzt der Fertiger? womit kann er effizient arbeiten?
- Welche Normen müssen erfüllt werden? Medical erfordert kalibrierte Messgeräte!
- Wie müssen Testergebnisse gewertet / gespeichert werden?
- Wie messen ohne DUT zu beeinflussen? (unverbauter Zustand, Nahfeld..)
- Wie kann stabile Testumgebung gewährleistet werden?
- Produktionstest „zu Hause“ ausprobieren und nachstellen

Produktion

Vorgehensweise

- Gute und schlechte Samples erstellen
- Tests definieren
- Testdurchlauf mit guten und schlechten Samples, Kriterien definieren und anpassen
- Testdurchlauf mit grösserer Stückzahl, Messwerte auswerten und Kriterien optimieren

Bei jedem Produktionslos

- Testdurchlauf mit guten und schlechten Samples
- Serie testen
- (Testdurchlauf mit guten und schlechten Samples)

Generelle Testverfahren

Radio

- Ausgangsleistung messen (CW empfohlen wenn möglich)
- Harmonische messen
- Sendefrequenz messen
- Stromverbrauch messen während senden / empfangen

Protokolle

- Verbindung zu modifiziertem Testgerät / Gateway aufbauen (mit Attenuator)
- Linkqualität (RSSI) ermitteln

Übliche Testverfahren für Bluetooth

DTM (Direct Test Mode)

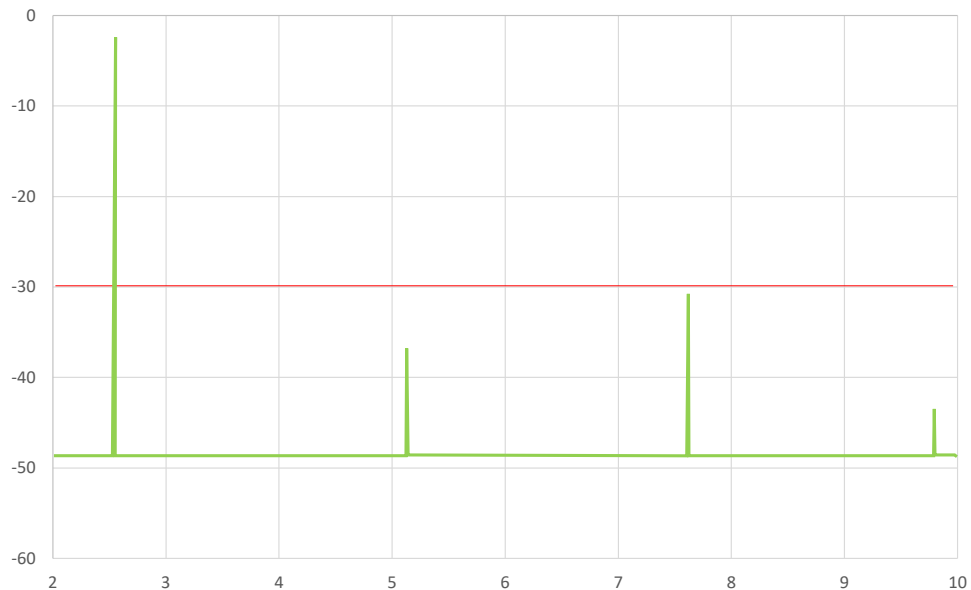
- Standard, von Bluetooth SIG spezifiziert
- Aussagekräftig, aber umständlich im Testablauf
- Benötigt eigene DTM Firmware und Testroutine
- Benötigt UART Verbindung für bidirektionalen Test

BLE scannen, verbinden

- Ermöglicht „echten“ Test des Geräts
- Pass / Fail Aussage möglich
- Keine Umprogrammierung oder Testroutine nötig
- Erfordert Schirmung oder Kenntnis der Bluetooth Adresse

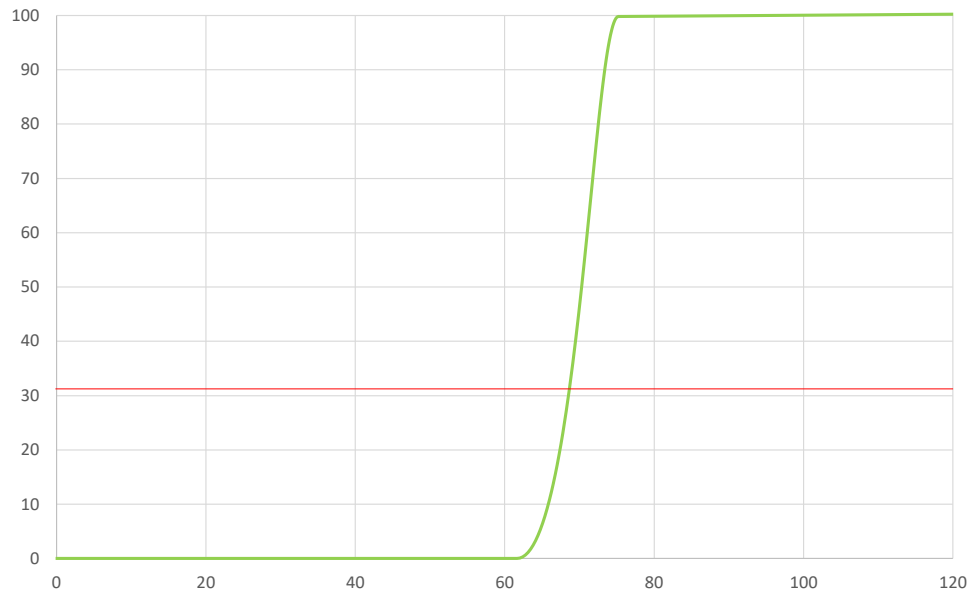
Messen von Ausgangsleistung und Harmonische

- Kontrolle ob gewünschte Leistung OK
- Ermöglicht Detektion von fehlerhaftem Harmonic Filter
- Frequenz kontrollieren
- CW Betrieb empfohlen
- Relativ schnell und unkompliziert
- Erfordert Spektrum Analyzer oder ähnliches Messgerät



BER und PER Messung

- Geeignet um einen Link auf Verbindungsebene zu testen
- Testen bei fixer Abschwächung (PASS / FAIL)
- Testen bei variabler Abschwächung (Sensitivität)
- Sehr aufschlussreich und genau
- Aufwändig, da Firmware mit Test Modus nötig



RSSI Messung

- Unkompliziert
- Nicht so genau und aussagekräftig
- Gut für PASS / FAIL Kriterien

Visible peripherals (9)

Select peripheral for observation and connection

-29	Thingy DA:14:EA:A3:08:C8	<input type="checkbox"/> connect	<input type="checkbox"/>
-29	unknown DA:14:EA:A3:08:CA	<input type="checkbox"/> connect	<input type="checkbox"/>
-36	Thingy1 E8:A6:29:06:2B:51	<input type="checkbox"/> connect	<input type="checkbox"/>
-30	unknown E8:A6:29:06:2B:52	<input type="checkbox"/> connect	<input type="checkbox"/>

scan
 connectable only
 sort by RSSI

Prüfmittel

FREE ★

\$0

- ✓ Pass / fail Test
- ✓ Protokoll Test



SIMPLE ★★

\$100

- ✓ Pass / fail Test
- ✓ Protokoll Test
- ✓ DTM Messung
- ✓ Automatisierung



PRO ★★★

\$4k

- ✓ Pass / fail Test
- ✓ Protokoll Test
- ✓ DTM Messung
- ✓ Automatisierung
- ✓ Power Messung
- ✓ Sensitivität
- ✓ Kalibriert (ISO 9001)

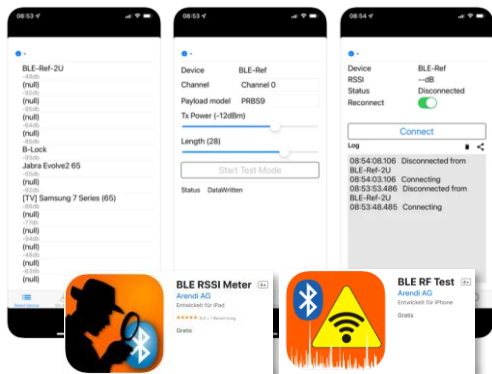


MAX ★★★★★

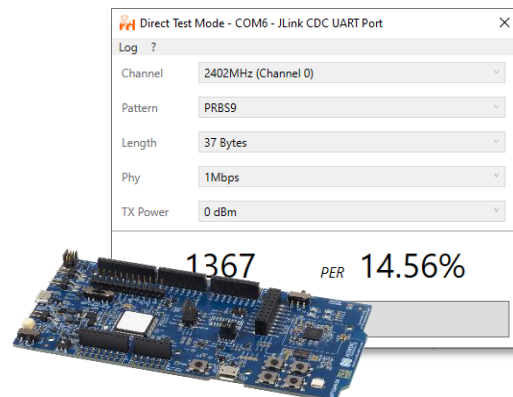
\$25k - 60k

- ✓ Pass / fail Test
- ✓ Protokoll Test
- ✓ DTM Messung
- ✓ Automatisierung
- ✓ Power Messung
- ✓ Sensitivität
- ✓ Kalibriert
- ✓ Harmonische
- ✓ Signalform
- ✓ ...

Manuelles Testing via App



Automatisiertes Testing mit DevKit



Automatisiertes Testing mit BLT2450



Automatisiertes Testing mit Tester namhafter Hersteller

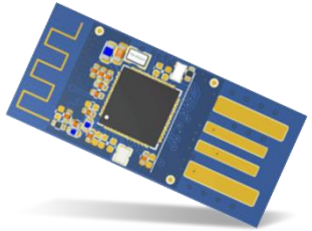


Vorteile von BLT2450

- Massgeschneiderte Bluetooth Lösung, deckt meiste Fälle gut ab
- Für Entwicklung und Produktion
- Reproduzierbare Messungen dank Kalibration (EN ISO 9001)
- Geeignet für Medical Anwendungen (ISO 13485)
- Einfacher Einstieg
- Automatisierung durch Library und Scripts
- Kostengünstig, ermöglicht mehrere Geräte z.B. für Entwicklung und Produktion

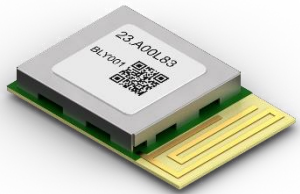


Praxisbeispiele



Bluetooth USB Dongle (1k pro Jahr)

- Manueller Test und Auswertung
- Umprogrammierung während dem Test
- Hohe Testzeit und Testkosten, niedrige Aufbaukosten

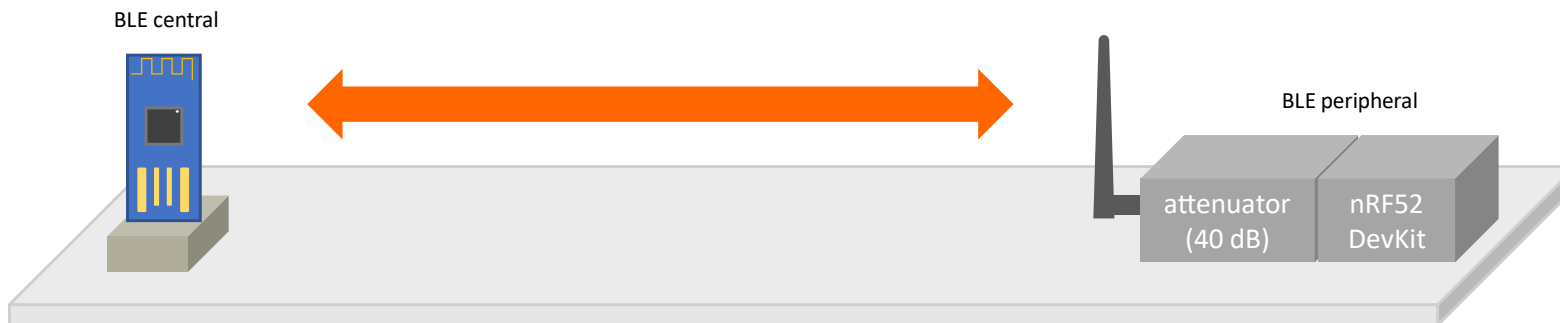


Bluetooth Modul (>100k pro Jahr)

- Vollautomatisierter Test mit Auswertung und Statistik
- Ausführliche Tests
- Getrimmt auf kurze Testzeit
- Kurze Testzeit und niedrige Testkosten, hohe Aufbaukosten

Bluetooth USB Dongle, manueller Test

- Programmierung auf separatem Nadeladapter
- RF Messungen ohne Schirmung
- Steuerung von DUT via USB (virtual COM port)
- Verbindungsaufbau mittels BLE
- Auswerten und loggen von RSSI Wert (advertising und connected)
- RF Testzeit: 4 Sekunden
- RF Tester: Modifiziertes DevKit



```

RSL10 Dongle gefunden: COM1
Image      : DONG_R ver=1.1.0
Application: DONG_R ver=1.1.0
Bootloader : BOOT_R ver=1.1.0
*****
RSL10-Test (1.1.0.15640)

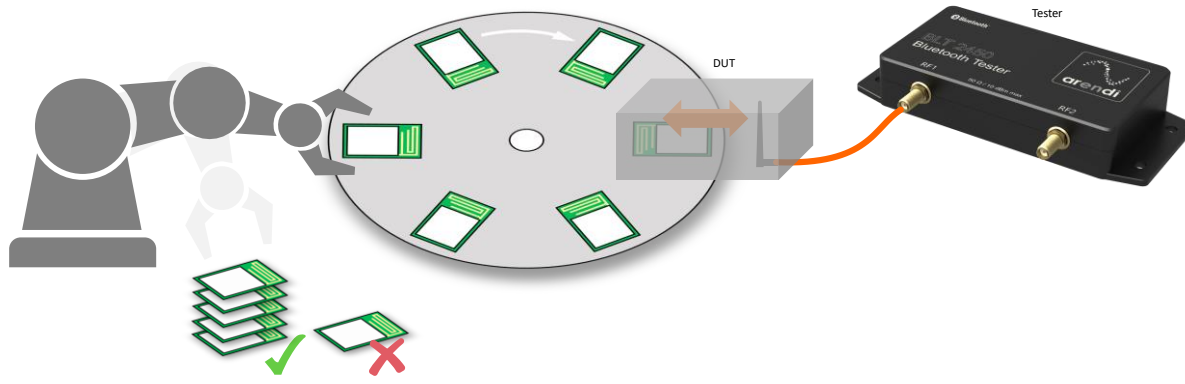
Searching for tester with RSSI greater than -100dBm...
Found tester (Name:BLE-Tester Address:E3:2E:AB:54:12:01
RSSI:-95dBm)
Connecting...
Connected
Connect duration: 1328ms
Connected RSSI: -100dBm
Disconnecting...
Disconnected
Disconnect duration: 31ms
PASS

=====
TEST OK
=====

Entferne den RSL10-Dongle und stecke neuen RSL10-Dongle
ein
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
  
```

Bluetooth Modul, vollautomatisierter Test

- Programmierung und Testing auf Rundtaktisch
- RF Messungen in geschirmter Umgebung
- Steuern von DUT via UART und Testfirmware
- Messen und loggen von abgestrahlter Leistung (CW)
- Messen von PER bei fixer Attenuation (Rx und Tx)
- Messen und loggen von PER
- Messen und loggen von Strom während Rx und Tx
- RF Testzeit: 8 Sekunden
- RF Tester: BLT2450



Bluetooth Modul, Vorgehensweise

- RF Tests definieren
- Gute Samples bestimmen: Abgestrahlte Leistung, Stromaufnahme, Sensitivität
- Schlechte Samples erstellen: Fehlerhaftes Harmonic Filter, Fehlerstrom, tiefe Sendeleistung
- Testanlage auf gute / schlechte Samples einschicken
- Testdurchlauf mit 20 ungetesteten Samples
- Auswerten der Messdaten
- Grenzwerte anpassen und fixieren
- Produktionslos testen

Key Takeaways

- Produktionstest notwendig
- Verwenden von Modulen vereinfacht Testing
- Breites Spektrum an Testmöglichkeiten
- Messen unter realistischen Bedingungen (Gehäuse..)
- Testen in geschirmter Umgebung wenn möglich
- Kabelgebunden testen wenn möglich und sinnvoll
- Testumgebung und Testgeräte müssen stabil sein
- Testumgebung und Testgeräte regelmässig überprüfen

Wir sind Ihre Lösung.

Arendi AG
Eichtalstrasse 55
8634 Hombrechtikon
Schweiz

www.arendi.ch

r&d