

Dystrybucja wzorca częstotliwości przy użyciu włókien światłowodowych 2019-06-01 Tomasz Broł SP9UOB

W dzisiejszych czasach większość profesjonalnej telekomunikacji opiera się na kablach światłowodowych. Nic w tym dziwnego – te niepozornie wyglądające włókna o grubości włosa są w stanie przesyłać informację na gigantyczne odległości, są odporne na zakłócenia elektromagnetyczne, zalanie i inne tego typu nieszczęścia. Technika światłowodowa tanieje z dnia na dzień, podstawowe elementy optyki światłowodowej są dostępne na portalach aukcyjnych w bardzo przystępnych cenach, a to co do tej pory blokowało zastosowanie światłowodów w rozwiązaniach amatorskich – ceny i dostępność spawów – zostało wyeliminowane dzięki dostępności gotowych zakończonych fabrycznie kabli światłowodowych. Kable takie dostępne w wielu różnych wykonaniach dostępne są praktycznie od ręki.

Mając dostęp do sporej ilości uszkodzonych mediakonwerterów Ethernet-Światłowodów postanowiłem bliżej przyjrzeć się zastosowanym w nich transceiverom optycznym i spróbować wykorzystać je do naszych, amatorskich rozwiązań. Ponieważ zbiegło się to w czasie z wystrzeleniem satelity OSCAR-100 i koniecznością zapewnienia stabilnej referencji częstotliwości dla transwerterów umieszczonych gdzieś daleko w ogrodzie lub kilka pięter wyżej na dachu – na pierwszy ogień spróbowałem właśnie zrobić transmisję źródła referencyjnego.

Kabel optyczny ma niezaprzeczone zalety; tłumienie w nim jest znikomo małe (ok 0.2 dB/km) i jest zupełnie niewrażliwy na silne pola RF – co czyni go idealnym medium do transmisji tak wrażliwych sygnałów jak wzorzec częstotliwości.

Po przekopaniu się przez datasheety i kilku eksperymentach udało mi się zbudować system transmisji sygnału referencji częstotliwości do wszystkich urządzeń znajdujących się w moim shacku i poza nim. Postanowiłem przesyłać sygnał ze standardowego wzorca 10MHz – może to być zwykłe TXCO, wzorzec rubidowy czy GPSDO – w tym przypadku nie ma to żadnego znaczenia – na wejście podajemy sygnał 10 MHz – na wyjściach go odbieramy.

System działa z pasywnym podziałem mocy optycznej – w oparciu o splitter PLC. Splitter taki po podaniu wiązki laserowej na jego wejście rozdziela ją (zazwyczaj) po równo na wyjścia. Do budowy systemu nie jest wymagany żaden specjalistyczny osprzęt światłowodowy czy pomiarowy. Wszystkie podzespoły są łatwo dostępne zarówno u dystrybutorów jak i na popularnych serwisach aukcyjnych.

System składa się z 4 elementów:

- źródła częstotliwości wzorcowej
- nadajnika optycznego
- sieci dystrybucyjnej z podziałem mocy optycznej
- odbiorników optycznych.

Źródłem częstotliwości wzorcowej może być dowolny wysokostabilny generator np. OXCO, GPSDO albo wzorzec rubidowy. Idealnie byłoby, gdyby taki generator pracował 24h/dobę w stabilnych warunkach środowiskowych; zamkniętej szafce czy innym spokojnym miejscu. Zapewni nam to stały dostęp do wzorca bez potrzeby czekania na „nagrzewanie się”

generatora i stabilizację częstotliwości. Ponieważ wzorzec nie będzie elektrycznie połączony z jakimkolwiek urządzeniem (pomijając oczywiście zasilanie) – nie będzie wrażliwy na uderzenia piorunów, statykę czy zakłócenia RF.

Nadajnik optyczny zamienia elektryczny sygnał wzorca na wiązkę laserową i wysyła ją w kabel światłowodowy. Na wejściu mamy przerzutnik Schmitta, możliwość ustawienia symetrii – a na wyjściu port światłowodowy.

System dystrybucji opiera się na prefabrykowanych patchcordach (łącznikach światłowodowych) – które można kupić w dowolnych praktycznie długościach zakończonych wtyczkami SC/PC (takich będziemy używać). Do rozdzielania sygnału używać będziemy splitterów PLC – również z założonymi fabrycznie wtykami. Aby to wszystko połączyć – potrzeba nam jeszcze mufek „adapterków” światłowodowych.

Odbiorniki optyczne konwertują odebrane światło ponownie na sygnał elektryczny. Dodatkowo, każdy odbiornik wyposażony jest w trzywyjściowy układ PLL CDCE913 prod TI, który można zaprogramować, by dostarczał na wyjściu 3 różne sygnały zegarowe stabilizowane z naszego źródła referencyjnego.

Zaproponowanego systemu używam w swoim labie od ponad roku i nigdy mnie nie zawiódł, sygnał referencyjny dostarczam tym sposobem zarówno na dach do transwetrerów na 13cm, do ogrodu do stacji satelitarnej QO-100 oraz do ham-shacku i labu gdzie podłączone są do niego radia, przyrządy pomiarowe oraz SDRy. Betatesterem jest Grzegorz SP8NTH.

System po uruchomieniu wymaga ustawienia jedynie symetrii sygnału wyjściowego, najłatwiej zrobić to przy pomocy oscyloskopu lub częstotliciemierza z pomiarem współczynnika wypełnienia (duty cycle). Przyrząd podłączamy pod wyjście odbiornika optycznego, a następnie po podłączeniu wzorca regulujemy wypełnienie sygnału wyjściowego tak żeby uzyskać 50%.

Konfigurację PLL najłatwiej wyliczyć przy pomocy programu ClockPro (<https://www.ti.com/tool/CLOCKPRO>). Następnie przepisać wyliczone wartości i wysłać je do układu przy pomocy magistrali I2C. Może to być Arduino, raspberry PI, interfejs diagnostyczny (ja używam BusPirate) czy nawet dwa przyciski i dużo samozaparcia ;-). Układ ten posiada wbudowaną pamięć EEPROM, dzięki której możemy zapisać jego konfigurację na stałe. Nie będzie wtedy konieczności programowania wyjść po każdym zaniku zasilania.

Poniżej zamieszczam przykład konfiguracji układu dla częstotliwości wyjściowych 10, 25 oraz 100 MHz.

Dla Buspirate:

```
[0xca 0x01 0x06 0x05 0x34 0x01 0x02 0x50]
[0xca 0x14 0x0c 0x6d 0x02 0x08 0x02 0xff 0x00 0x02 0x83 0xff
0x00 0x02 0x80]
#zapis EEPROM
```

```
[0xca 0x86 0x01]
```

#Dla Raspberry PI:

```
i2ctransfer -y -v 1 w7@0x65 0x01 0x05 0x05 0x34 0x01 0x02 0x50  
i2ctransfer -y -v 1 w14@0x65 0x14 0x0c 0x6D 0x02 0x08 0x02  
0xff 0x00 0x02 0x83 0xff 0x00 0x02 0x80
```

#Zapis EEPROM

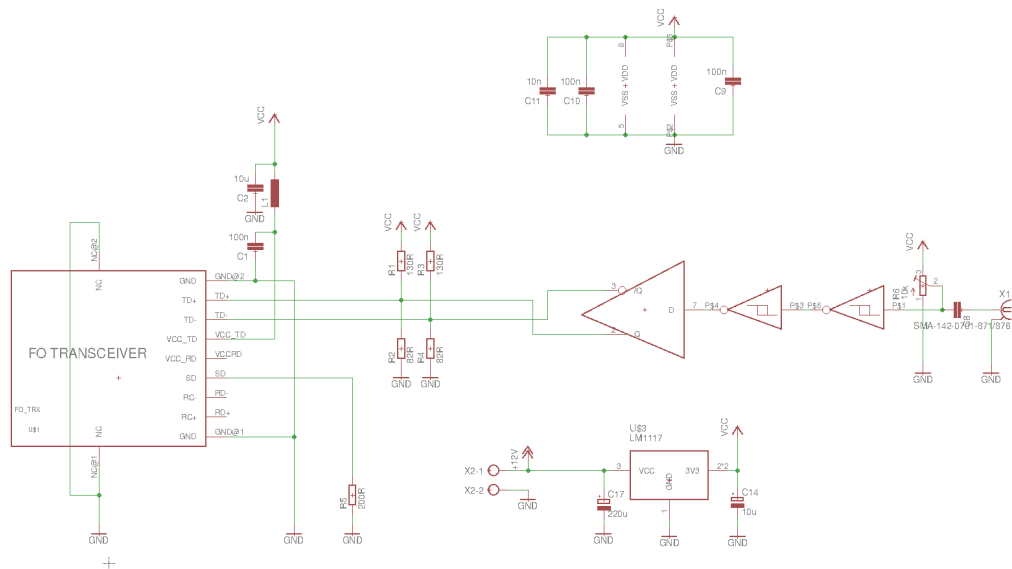
```
i2ctransfer -y -v 1 w2@0x65 0x86 0x01
```

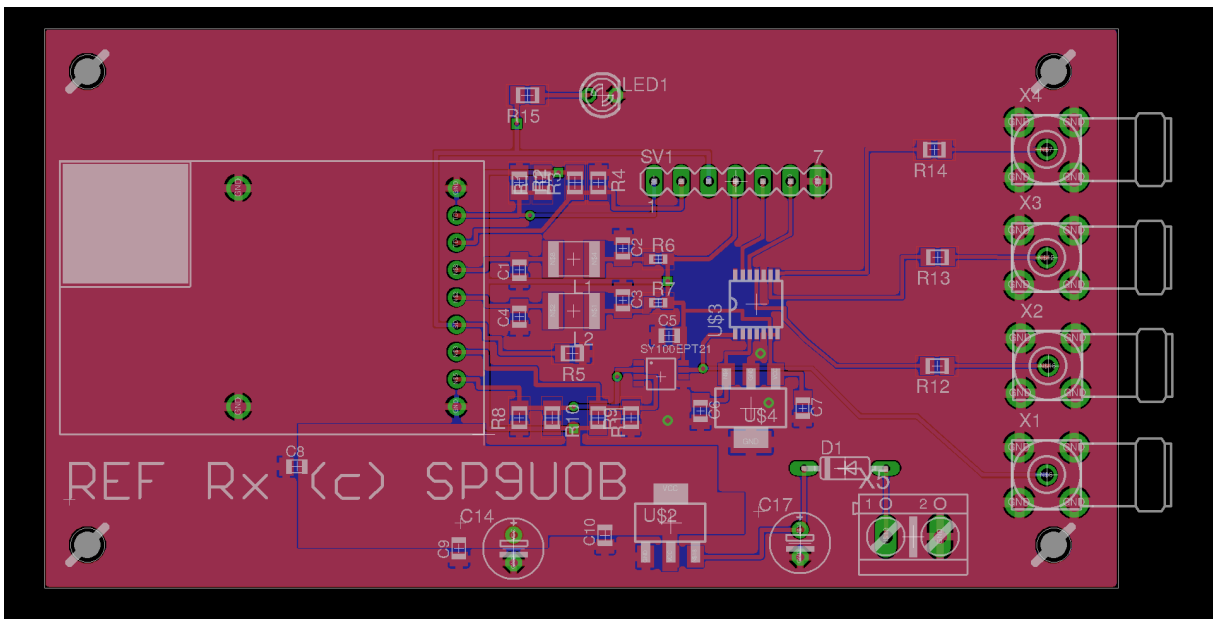
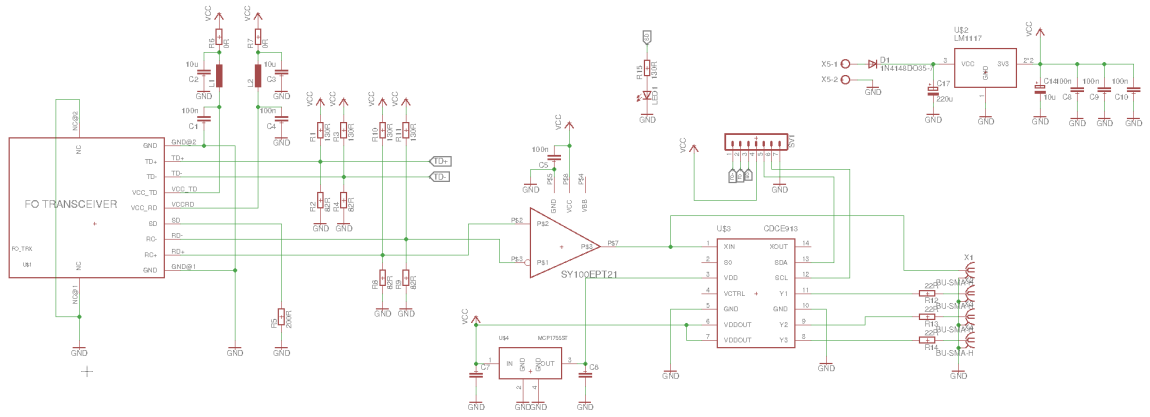
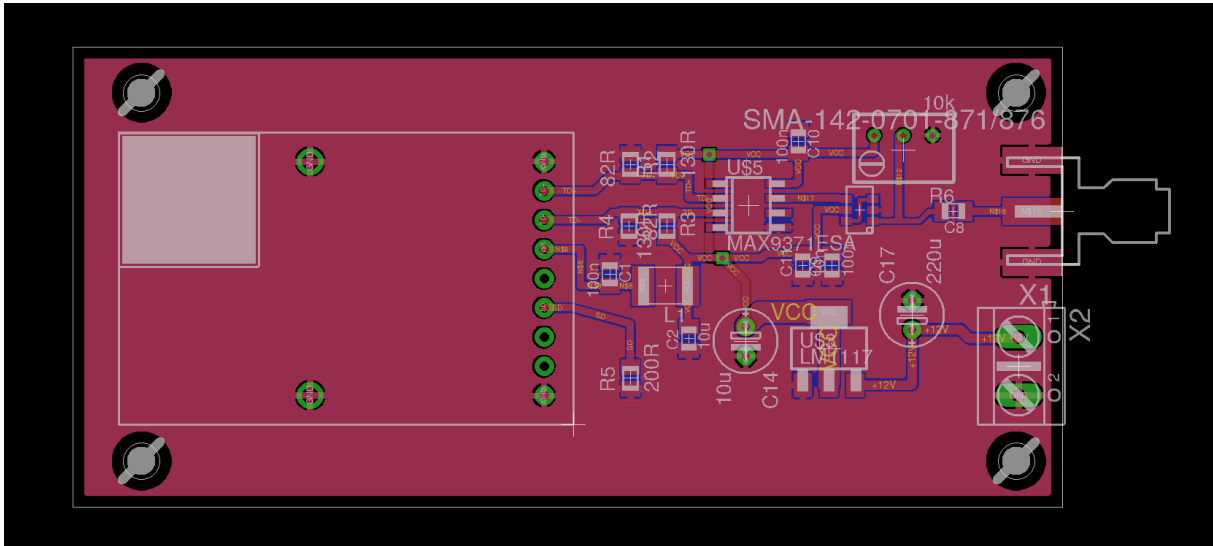
Do budowy układów nadawczo/odbiorczych użyłem podzespołów wymontowanych z konwerterów prod TP-LINK MCS 112CS i MCS111CS – są to konwertery WDM (tzw jednowiątkowe). W tym przypadku należy pamiętać że jeśli w nadajniku używamy modułu z 112CS to w odbiornikach należy użyć tych ze 111CS (lub na odwrót – w zależności od dostępności). W przypadku zastosowania transeiverów z klasycznych dwu-włóknowych mediakonwerterów należy pamiętać o tym, że wejście splittera łączymy do portu TX nadajnika, a wyjścia splittera do portów RX odbiorników.

W przypadku zastosowania podziału 1:16 system zapewnia dystrybucję sygnału referencyjnego na ponad 1km co z zapasem pokrywa wszystkie amatorskie potrzeby.

Archiwum z plikami w formacie Eagle znajduje się pod adresem:

<http://sp9uob.verox.pl/fiberref.html>





REF Rx (c) SP9U0B

