

# Високоточен 10MHz опорен генератор, стабилизирани от GPS

## / 10 MHz GPSDO /

Виктор Маринов, LZ1NY

*Измерването на времето от край време е било от важно практическо значение за хората. От необходимостта да се определи точния момент за засаждане на посевите до системите за глобална навигация – всичко това е свързано с понятието време.*

*Необходимостта от точност при измерването на времето е породила появата на математическата абстракция за по-големите периоди от време – календара, както и часовника - апарат за измерване на по-кратки периоди от времето.*

*Създаването на инструменти за точно измерване на времето е занимавало умовете на най-големите умове на времето.*

*Преди пет века Фернандо Магелан е използвал на своите кораби 18 пясъчни часовника за нуждите на навигацията, а в днешно време атомни (предимно рубидиеви) еталони за честота може да се намерят по интернет-битаците даже за цени под 200 USD*

Целта ми беше да конструирам опорен генератор, който да осигурява точност, достатъчна за работа на СВЧ обхватите до 10 GHz.

При нестабилност (неточност) на честотата  $10^{-9}$ . За честота 10 MHz това означава отклонение 0.01Hz, а за 10 GHz съответно 10Hz.

За такива цели популярно решение е да се използва стабилен и качествен, генератор, чиято честота се донастройва, сравнявайки генерираната честота с особено прецизен източник. В случая за такъв прецизен източник се използва сигнал от навигационни спътници. Преобладаващото мнозинство GPS/GLONASS приемници имат изход "1PPS" - (One Pulse per Second) и именно той може да се използва за времева база, поради факта, че е много точно синхронизиран с GPS времето. По-малък брой приемници имат изход с точна честота 10kHz, който позволява да се използва в схема с фазова донастройка на честота (PLL).

Използваният (евтин...) приемен GPS модул (описан по-долу) генерира само сигнал 1PPS, който е неподходящ за PLL, за това в описания прибор се използва принципа на FLL ( Frequency Locked Loop)

## Основни елементи на генератора

Схемното решение се характеризира с простота и липса на всякакви настройки при оживяването му.

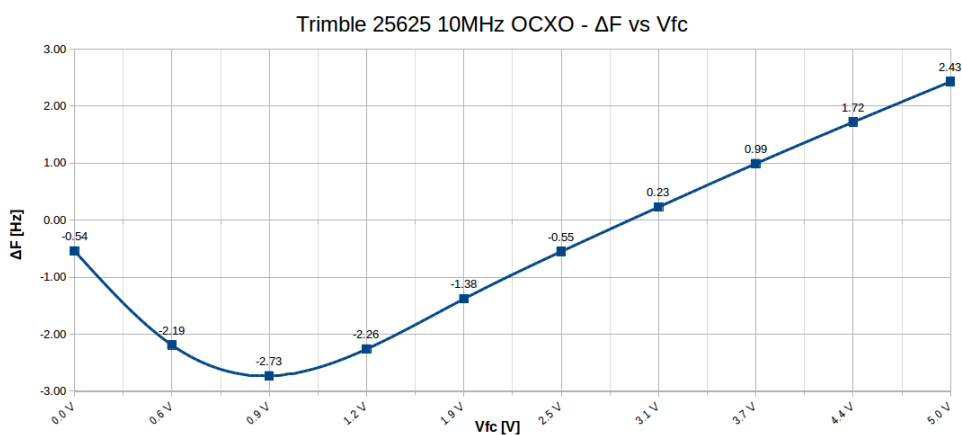
## 1. OCXO

Най-съществен и най-скъп елемент е термостабилизиращият генератор *Trimble 65256 OCXO* (Oven controlled crystal oscillator), закупен на достъпна цена през E-bay.



Фиг. 1 Trimble 25625 OCXO

Измерената зависимост на генерираната честота спрямо управляващото напрежение  $V_{fc}$  е показана на фигурата по-долу. Измерванията са направени след 30 минутно подгриване на уреда.

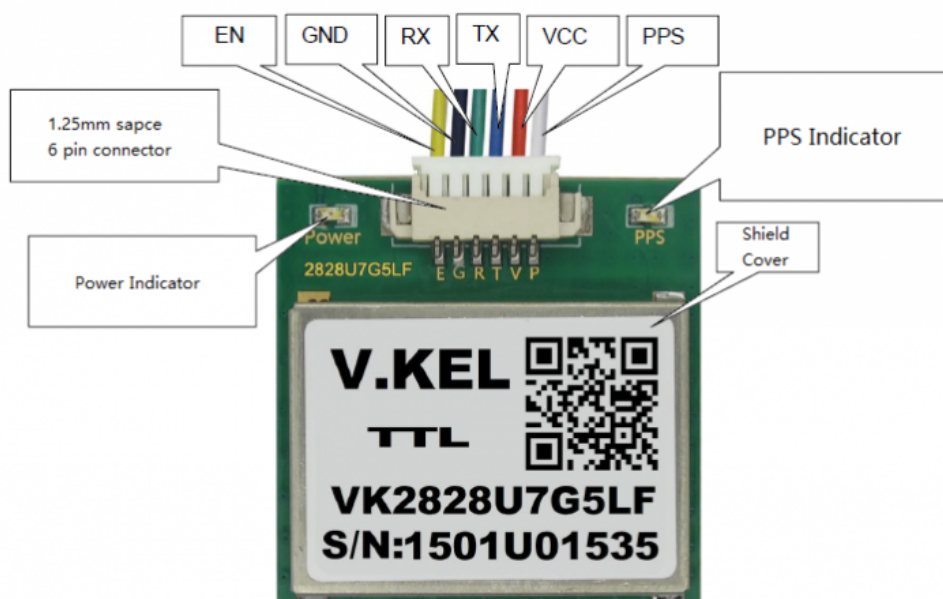


Фиг. 2: Зависимост на генерираната честота от управляващото напрежение

От графиката се вижда, че работният диапазон на управляващото напрежение  $V_{fc}$  трябва да се ограничи в областта от 1V до 5V (съответните стойности на PWM са 6554 до 32767).

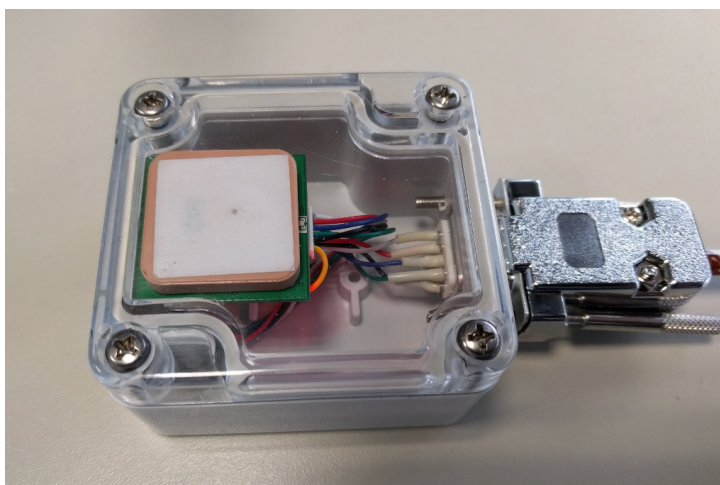
## 2. GPS модул с антена

Използван е GPS модул V.KEL монтиран в херметична кутия, за да може да приемникът да бъде изнесен на известно разстояние от генератора и да се осигури видимост на GPS спътници.



Фиг. 3 GPS модул V.KEL и неговите сигнали

Целта на приемния GPS модул е да осигури високоточния сигнал 1PPS, синхронизиран с GPS времето. Освен сигнала 1PPS, данните от приемника постъпват на контролера в NMEA-183 формат и след декодиране може да бъдат показани на екрана. Времето (чч:мм:сс) се изписва периодически на първия ред на индикатора.



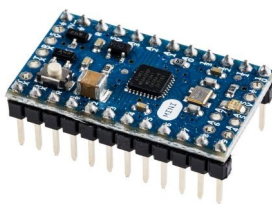
Фиг. 4 GPS модулът в херметична кутия

### 3. Контролер

Контролерът, управляващ донастройката на честота и индикацията е платка Arduino Mini. Софтуерът е писан на език C. За развойната дейност е използван софтуер Arduino 1.6.8 и Sublime Text (под Windows или Ubuntu Linux).

Едва 30-40% от flash и от динамичната памет на процесора се използват.

За регулиране на честотата се използва пропорционално-диференциално управление на честотата (във версия 1.0)



Фиг. 5:  
Контролерът  
Arduino Mini

Версия 2 на софтуера предвижда използването на ПИД алгоритъм, използвайки съществуващи библиотеки за Ардуино.

### 4. Индикация

Индикацията на прибора е течно-кристален индикатор с размери 16x2



Фиг. 6 Начален екран при включване на генератора



Фиг. 7 Генераторът е в очакване на синхронизиращите сигнали 1 PPS от GPS



Фиг. 8: Режим "COARSE" - груба донастройка на честотата



Фиг. 9: Режим "FINE" - прецизна донастройка на честотата, индикация на GPS времето





Фиг. 10: Също като фиг. 7 , но с индикация на PWM

- **Първи ред на индикацията**

Редува се изписването на GPS времето и стойността на за генератора на ШИМ (PWM). PWM ъответства на напрежението, подавано за управление на генератора: стойност 0 --> 0V , максимална стойност 65536 --> 5 V.

Вдясно на първия ред – режим за донастройка на честотата – C (COARSE) – груба донастройка или F (FINE)- прецизна донастройка на честота. Прелкочването на режимите става автоматично.

- **Втори ред на индикацията**

Отклонение (в Hz) на генерираната честота от точната стойност 10 000 000.00 Hz . Вдясно на първия ред – символ звезда „\*“ мигащ с честота 0.5Hz при наличие на сигнала 1PPS, постъпващ от GPS модула.

## 5. Друго

## 6. Използвани материали

- GPS synchronized 10MHz oscillator - [http://www.ik0otg.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=59&lang=en](http://www.ik0otg.net/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=59&lang=en)
- A simplified GPS-Derived Frequency Standard QEX Magazine Sept/Oct 2006 [http://ve2zaz.net/GPS\\_Std/Downloads/VE2ZAZ\\_GPS\\_Derived\\_Std\\_QEX\\_09\\_10\\_2006.pdf](http://ve2zaz.net/GPS_Std/Downloads/VE2ZAZ_GPS_Derived_Std_QEX_09_10_2006.pdf)
- VK2828U7G5LF Data Sheet 20150902 - <https://github.com/CainZ/V.KEL-GPS/blob/master/VK2828U7G5LF%20Data%20Sheet%2020150902.pdf>

- *Anatomy of an OCXO - Oven Controlled Crystal Oscillators* <http://blog.bliley.com/anatomy-of-an-ocxo-oven-controlled-crystal-oscillators>
- *Arduino PID Example Lab -*  
[https://www.pdx.edu/nanogroup/sites/www.pdx.edu.nanogroup/files/2013\\_Arduino%20PID%20Lab\\_0.pdf](https://www.pdx.edu/nanogroup/sites/www.pdx.edu.nanogroup/files/2013_Arduino%20PID%20Lab_0.pdf)