

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОПРАВКАТА НА РАВНОМЕРНА СКАЛА ЗА ВРЕМЕ С ПОМОЩТА НА ЕТАЛОНЕН СИГНАЛ (PPS) ГЕНЕРИРАН ОТ GPS ПРИЕМНИК

Венцеслав Драганов Маноев¹, Чавдар Борисов Ленеv²,
Бранимир Желев Брайков³

¹ Технически университет – София, кат. ЕТ, E-mail: ventsy_m@ecad.vmei.acad.bg

² София, Младост-1 бл.87, вх.4, ап20, E-mail: tchav1@yahoo.com

³ “СОТ” ЕООД – София, бул. Дж. Баучър 26, E-mail: viro@abv.bg

Manoev, V.D., Ch.B. Lenev, B.Zh. Braykov. Using a GPS receiver's PPS electrical output for determining a time scale error correction. This article suggests a measurement technique that uses the PPS signal obtained from a GPS receiver as the reference for high-quality determining the accuracy of an oscillator standard (time scale). It describes the system architecture of the utilized GPS receiver and the electrical circuit that outputs the time signal and connects the receiver to a personal computer. Some commands are given for initializing the receiver as is the software needed for recording the information throughout the experiment. Principles of the test are given. The measurement instrumentation is described. The methods for driving the experiment and calculating the results are described also. Some conclusions and recommendations are given for using these signals in time and frequency metrology. An example is given for determining the error correction of a frequency counter using the PPS signal from a GPS receiver with resulting accuracy of over $1 \cdot 10^{-8}$ for a period of 3 hours.

1) GPS – същност и приложение за точно време и честота.

GPS е широко известна като гъвкава глобална система за позициониране и навигация, като освен това се е превърнала в основно средство за разпространение на точно време и честота. GPS приемниците са задължителен елемент в телекомуникационните мрежи, в лабораториите за измерване на време и в националните институти по метрология. Те се използват за синхронизиране и сверка на часовници, калибриране и контрол на генератори на честота.

Всеки от GPS сателитите носи или рубидиев или цезиев осцилатор, или и двата. Освен за поддържане на точното време по UTC скалата, те се използват и за генериране на носещата честота и на псевдо-случайния код.

Съществуват три основни категории измервания, извършвани с помощта на GPS: еднопосочен метод, метод с обща видимост и фазов метод. С най-широка употреба се ползва еднопосочният метод. Еднопосочните измервания се провеждат лесно и получената грешка е достатъчно малка, за да удовлетвори повечето изискванията за точност. Методът с обща видимост и фазовият метод изискват по-сложни процеси, включително допълнителна обработка на измерените стойности. По тази причина, те са използват за определяне на

разлики във времето между лаборатории по метрология в различни страни, където се изисква възможно най-малка грешка.

В проведения експеримент се извършват GPS измервания по еднопосочен метод. Той използва сигналът, получен от GPS приемника, като еталон за калибриране. GPS сигналите се използват в реално време и не се прилага последваща допълнителна обработка. Целта на измерването е да се синхронизира секунден импулс на часовник или да се калибрира равномерна честотна скала на генератор. Ако се сверява време, PPS сигналът обикновено се свързва към интервален измерител на време. А когато се синхронизира честота, изходният сигнал от приемника (например 10 MHz) се свързва към вход на фазов компаратор или се използва като опорен сигнал за честотен брояч.

При известни координати на антената на GPS приемника (с грешка < 10 m), точността на получените сигнали зависи най-много от качествата на използвания GPS приемник. Двата основни фактора, който оказват влияние върху точността са параметрите на осцилатора в приемника и алгоритмите, с за обработка на данните, получени от сателитите.

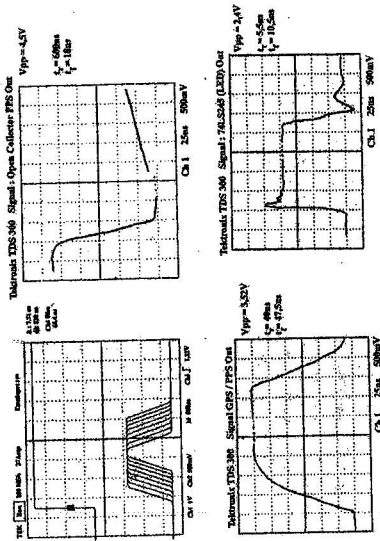
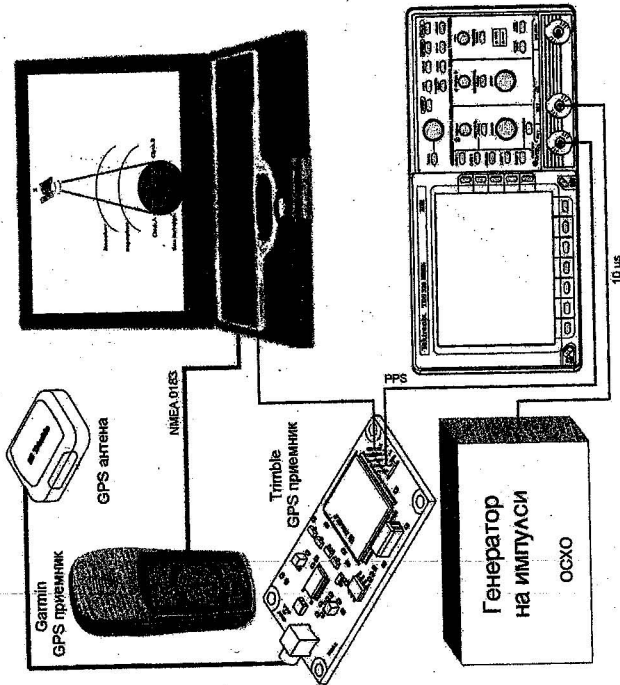
2) Цел на експеримента – високоточно определяне поправката на еталонен генератор.

Крайната цел на проведения експеримент е да се създаде и приложи алгоритъм и методика за автоматично сверяване на часовник (скала за време) при зададена минимална грешка (отклонение от UTC за една секунда).

Първоначално е необходимо да се състави методологията за определяне поправката на задаващия генератор на времевата скала, като се използва еталонен сигнал (PPS) от GPS приемник.

3) Описание на блоковата схема и методика на експеримента.

Използват се два GPS приемника – Trimble Lassen LP GPS и Garmin Etrex GS102. PPS сигнал и данни за времето и координатите се получават от първия приемник, а вторият е включен за съпоставка при евентуално определяне на грешката от самия приемник и при евентуално отпадане на сигнала. Сравняваната времева скала се получава от генератор тип PFL-22 Nr85626. За репер се използва PPS сигналът от Lassen LP GPS. Разликата между времевите интервали на двете скали се наблюдава с електронен осцилоскоп Tektronix TDS310 в режим на натрупване на изображението. Данните от GPS-са се записват в персонален компютър. Те включват: момент на измерване в UTC скала, географска дължина, географска ширина, брой сателити и коефициент HDOP, даващ оценка на точността, в зависимост от броя и геометрията на сателитите. На фиг.1 са показани блоковата схема на експерименталната постановка, времедиаграмата за едно измерване и фронтите на PPS импулса, през различни интерфейсни изходи.



Фиг. 1

Извършват се i групи измервания, където $i \in [1+N]$ с j брой измервания в една група – $j_i \in [1+n_i]$ брой измервания в една група i . Осцилоскопът се включва в режим на външна синхронизация по предния фронт на PPS импулса. Сигналите от генератора се наблюдават по канал 2 с натрупване на изображението ($Envelope = \infty$). Отчита се времето (s), за което импулсите на генератора се отклоняват от PPS на фиксиран времеви интервал.

За всички единични измервания в една група се записват:

1. момента на началото на измерванията в групата T_i ;
2. момента (UTC) на единично определяне на поправката t_j ;
3. интервала на натрупване $\Delta t_{i,j}, s$;
4. натрупана грешка $\tau_{i,j}, ns$.

За всяка група измервания се изчисляват:

1. единичната поправка на скалата;
2. средната поправка за групата;
3. средноквадратичното отклонение за едно наблюдение;
4. средноквадратичното отклонение на резултата от измерванията
5. степените на свобода;
6. избира се коефициент на Стюdent за ниво на значимост 95%;
7. определят се границите на доверителния интервал;
8. изключват се единичните поправки, извън границите на доверителния интервал.

Общо за експеримента:

1. От избраните стойности от всички групи се прави обща оценка, по същата методика, за окончателната поправка на скалата Δt .
2. Намира се времето $\Delta t_{\text{синхр}}$, за което изследваната скала ще натрупа

$$\text{зададена грешка } \Delta t_{\text{GPS-LOC}}: \Delta t_{\text{синхр}} \leq \frac{\Delta t_{\text{GPS-LOC}}}{\Delta \tau}.$$

4) Експериментални данни и резултати.

Извършени са 4 групи измервания ($N = 4$) в два различни дни:

Начало на измерванията за 1-ва група: $T_1 = 06.07.02 \ 03:06:07$.

Брой отчетени стойности: 39. В доверителния интервал: 9.
 Начало на измерванията за 2-ра група: $T_2 = 13.07.02 \ 11:11:02$.
 Брой отчетени стойности: 21. В доверителния интервал: 5.
 Начало на измерванията за 3-та група: $T_3 = 13.07.02 \ 03:22:14$.
 Брой отчетени стойности: 20. В доверителния интервал: 11.
 Начало на измерванията за 4-та група: $T_4 = 13.07.02 \ 18:58:01$.
 Брой отчетени стойности: 14. В доверителния интервал: 4.

В крайната оценка за поправката на скалата се използват всички стойности от четирите групи измервания, които са включени в съответните доверителни интервали с ниво на значимост 95% (Таблица 1).

1 гр.	2 гр.	3 гр.	4 гр.
36,4	28,6	34,2	36,9
36,2	28,6	34,1	36,5
36,5	28,0	34,1	35,8
36,9	28,8	34,4	35,8
36,1	28,6	33,9	
36,2		34,1	
35,8		34,1	
36,7		34,4	
36,7		34,4	
		34,2	
		33,9	

Таблица 1

Средната поправка е $\overline{\Delta\tau} = 34,2 \text{ ns/s}$.

Стандартното отклонение на една стойност е $S = 2,83 \text{ ns/s}$.

Средноквадратичното отклонение на крайния резултат е $\overline{S} = 0,634 \text{ ns/s}$.

Степените на свобода са $\nu = 28$.

Кофициентът на Стюdent е $t_{95\%,4} = 2,042$.

Границите на доверителния интервал са:

$$\Delta\tau_{\min} = \overline{\Delta\tau} - t_{95\%}\overline{S} = 34,2 - 2,042 \cdot 0,634 = 32,9 \text{ ns/s},$$

$$\Delta\tau_{\max} = \overline{\Delta\tau} + t_{95\%}\overline{S} = 34,2 + 2,042 \cdot 0,634 = 35,5 \text{ ns/s}.$$

Изчислената поправката на скалата е $\overline{\Delta\tau} = 34,2 \text{ ns/s}$ и е определена с грешка от $\pm 1,29 \text{ ns/s}$.

Времето за което скалата ще натрупа грешка $\Delta t_{\text{GPS-LOC}} = 1$ ms определя интервала, на който ще трябва да се извършва синхронизацията:

$$\Delta t_{\text{синхр.}} \leq \frac{1 \cdot 10^{-3}}{24,2 \cdot 10^{-9}} = 41322\text{s},$$

т.е. скалата ще натрупа тази грешка за по-малко от 12 часа.

6) Използвана литература:

1. БДС 8.129-82 Държавна система за осигуряване единство на измерванията. Държавен първичен еталон и държавна проверочна схема на средствата за измерване на време и честота. София, 1982.
2. Колев, Н. и колектив, Електрически измервания. София, ТУ – София, 1997.
3. Цанков, Л., Планиране на експеримента и обработка на експериментални данни. София, СУ “Св. Климент Охридски”, 2000.
4. Государственная комиссия единого времени и эталонных частот СССР, Эталонные сигналы частоты и времени, Издательство стандартов, Москва, 1981.
5. Бандемер, Х. и колектив, Оптимално планиране на експеримента. София, Техника, 1975.
6. Мейзда Ф., Электронные измерительные приборы и методы измерений, Мир, Москва, 1990.
7. Lombardi, Michael A., Lisa M. Nelson, Andrew N. Novick, Victor S. Zhang, Time and frequency measurements using the Global Positioning System, National Institute of Standards and Technology, Time and Frequency Division, September 2001.
8. Jaspersen, James L., Time and Frequency, NBS, Time and Frequency Division Proceedings of the IEEE, v.60, No 5, New York, 1972.
9. Trimble Navigation Limited, Lassen LP GPS System Designer Reference Manual – 392664-00, 1999.
10. <http://129.71.240.42/gps/pdop.html>
11. <http://rpss28.uni-regensburg.de:8080/PiechullaWeb/NMEA0183/index.html>