

REVIEWS INUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION BERBASIS DDS

Turahyo, F. Danang Wijaya, Eka Firmansyah

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281

E-mail : turahyoahyo@gmail.com¹, danangwijaya@ugm.ac.id², eka.firmansyah@gmail.com³

Abstrak

Perkembangan pembangkitan sinusoidal pulse width modulation (SPWM) pada inverter sangat pesat, salah satu caranya dengan menggunakan metode direct digital synthesis (DDS). DDS adalah digital frequency synthesizer. Metode sintesis teknologi digital yang mempunyai resolusi frekuensi yang tinggi. Sinyal segitiga diproduksi, dari ROM look-up table sinyal sinusoidal modulasi pembawa dihasilkan kemudian di bandingkan pada comparator. Keluaran yang berbentuk waveform digunakan untuk mencapai kontrol yang sesuai pada perangkat switching on-off penguat daya. Direct digital synthesis mudah digunakan untuk mengontrol frekuensi, fase dan amplitudo.

Kata Kunci : Look-Up Table, Sinusoidal Pulse Width Modulation, Digital Direct Synthesis.

I. PENDAHULUAN

Sejak tahun 2010 perkembangan mikroprosesor dan perangkat periperal penunjangnya sangat pesat. Salah satu aspek yang menjadi pusat perhatian para peneliti adalah teknologi PWM. Di dalam teknologi *power electronic* teknologi PWM ini sangat penting. Teknologi ini mampu meningkatkan performa perangkat dari *power electronic* dan meningkatkan pengembangan sistem *power electronic* itu sendiri.

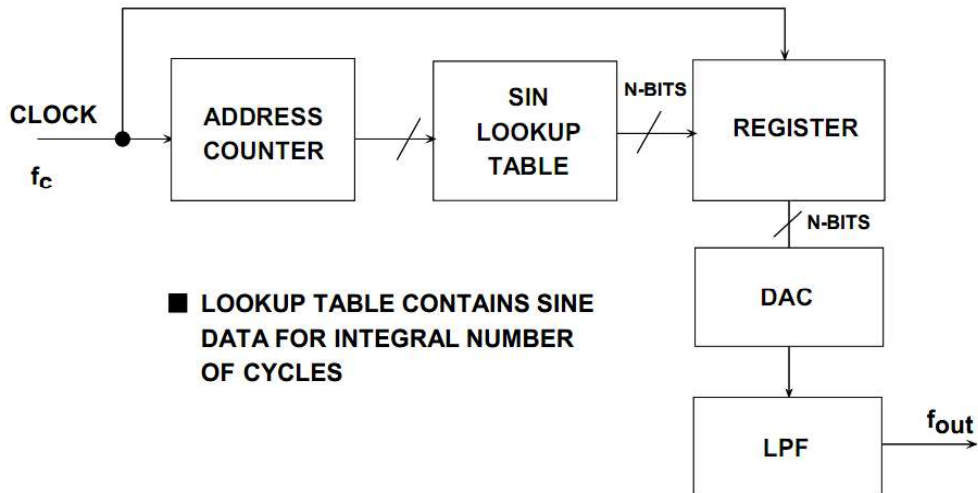
Sinusoidal pulse width modulation (SPWM) merubah pulsa modulasi yang digunakan untuk menghasilkan sinyal dengan merubah lebar *duty ratio* pada sebuah sinyal sinus. Pada pembangkitan sinyal SPWM tradisional digunakan perangkat analog yang membangkitkan sinyal gelombang segitiga dan sinyal gelombang sinus, kemudian kedua gelombang tersebut di bandingkan pada perangkat komparator. Hasil dari keluaran perangkat komparator berupa SPWM yang mempunyai akurasi sinyal yang tinggi. Kelemahan pada sistem SPWM tradisional ini adalah pada sisi kontrollernya dimana sangat sulit untuk melakukan controller pada *close-loop control* menggunakan mikroprosesor [1].

Dengan perkembangan *digital communications technologies* dan IC, *direct digital synthesis* dapat di gunakan secara luas. Pada mulanya DDS sangat mudah di gunakan dalam *fields programmable logic gatearray* (FPGA) namun seiring dengan perkembangan teknologi DDS dapat diaplikasikan pada jenis perangkat mikroprosesor yang lain. Teknologi *direct digital synthesis* adalah generasi ke tiga setelah teknologi *direct frequency synthesis* dan *phase-locked frequency synthesizer* [2].

II. Fundamental Arsitektur DDS

Metode pengendalian secara digital dalam membangkitkan frekuensi dari sumber referensi frekuensi biasa di sebut sebagai *direct digital synthesis* [3]. DDS mempunyai akurasi yang sangat tinggi dan dapat diimplementasikan pada perangkat *frequency switching*. Dengan DDS modulasi dari frekuensi, fase, dan amplitudo dapat dengan mudah untuk dikontrol. Arsitektur dasar dari DDS diperlihatkan pada gambar 1. Di dalam arsitektur DDS ini terdiri dari clock yang menggerakkan *programmable-read-only-memory* (PROM) yang menyimpan satu

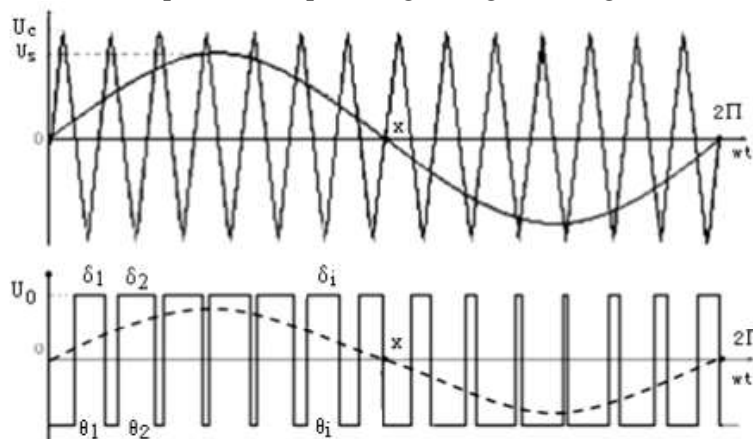
atau lebih nomor integral dari cycles gelombang sinus yang disimpan sebagai alamat *step counter* untuk *memory location*[4]. *Output* sinyal dari register digunakan untuk menggerakkan *DAC* untuk menghasilkan sinyal *output*. *Sistem sample data* digunakan dalam sistem *DDS* ini, sehingga dibutuhkan perangkat yang dapat meredam *noise* yang terjadi. Perangkat tersebut dapat berupa *quantization noise*, *aliasing*, dan *filtering*.



Gambar 1. Arsitektur dasar DDS.

III. Prinsip modulasi SPWM

Bentuk gelombang SPWM adalah serangkaian amplitudo yang konstan dan gelombang lebar pulsa persegi panjang yang setara dengan gelombang sinus[5]. Didalam SPWM, pemodulasi sinyal berupa gelombang sinus sedangkan gelombang segitiga sebagai pembawanya. Gambar 2 memperlihatkan pembangkitan gelombang SPWM.



Gambar 2. Bentuk gelombang SPWM .

A. Modulasi SPWM pada DDS

Didalam SPWM pada sebuah frekuensi sinyal dapat dirumuskan seperti dibawah ini

$$s(t) = \sin \theta(t) = \sin(2 \pi f_o t) \quad (1)$$

Sedangkan untuk cycles samplingnya adalah t_c sehingga bentuk gelombang diskritnya dapat dirumuskan :

$$u(n) = \sin(2\pi f_o n t_c) (n = 0,1,2) \quad (2)$$

Sehingga

$$\theta(n) = 2\pi f_0 n t_c = \Delta\theta * n(n = 0,1,2) \quad (3)$$

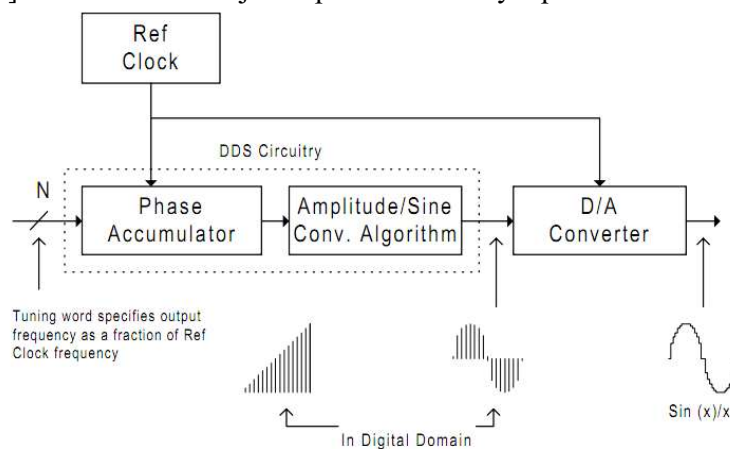
Berdasarkan teori diatas dapat disimpulkan[7] bahwa

$$f_{out} < \frac{1}{2} f_{carrier} \quad (4)$$

B. Implementasi SPWM pada DDS

Proses kerja dari DDS meliputi pulsa *clock* sebagai *trigger* setiap saat, *accumulator* yang menggerakkan *frequency control data* dan bersamandata keluaran dari *phase register* di tambahkan, kemudian hasilnya di kirimkan pada masukan fase *register*. Pada saat clock ini fase data di bangkitkan melalui *accumulator*. Keluaran *accumulator* ini di umpanbalikan pada port masukan *accumulator* untuk di tambahkan secara berkelanjutan pada pulsa clock berikutnya. Untuk menghasilkan gelombang output yang linier pada *phase accumulator* dibutuhkan Kkali proses sebagai waktu stepnya. Apabila fase sudah *overtime* maka pembangkitan sinyal akan *overflow* sehingga dibutuhkan putaran waktu *clock* lagi untuk menghasilkan sinyal gelombang yang komplit. Frekuensi *overflow* pada phase *accumulator* merupakan sinyal frekuensi output DDS[6].

Setiap time addressing pada phase ROM register, ROM akan mengeluarkan sinyal berbentuk *binary code* yang sesuai dengan nilai fase dan amplitudo. *D/A converter* digunakan untuk menghasilkan sinyal output yang berbentuk analog. Di dalam *D/A converter* ini sinyal *binary code* di konversikan kedalam sinyal analog[6]. *Phase to amplitude look-up table* menghasilkan data yang diperlukan dengan cara pembacaan secara maju kemudian kembali lagi ke *look-up table*[8]. Gambar 3 menunjukkan proses flow sinyal pada arsitektur DDS.



Gambar 3. Proses flow sinyal pada arsitektur DDS.

Keluaran sinyal frekuensi DDS dapat dirumuskan :

$$f_{out} = K \cdot f_{clk} / 2^N \quad (5)$$

Dimana K adalah *frequency control word*, N adalah *bit* pada *phase accumulator*, sedangkan f_{clk} merupakan *reference clock*. Ketika $K = 1$ minimum resolusi frekuensi DDS adalah :

$$f_{min} = f_{clk} / 2^N \quad (6)$$

Sedangkan untuk maksimum *output* frekuensi pada DDS dapat ditentukan melalui teori sampling Nyquist. Secara teori dapat mencapai setengah frekuensi clock yaitu $\frac{1}{2}$ clock f . Pada komponen frekuensi yang lebih besar, *low pass filter* sulit menghasilkan bentuk gelombang yang murni. Pada umumnya output maksimum frekuensi DDS sebesar 40% dari frekuensi *clock*-nya[6].

C. Metode look-up table

Metode *look-up table* adalah salah satu metode penghasil gelombang sinus yang fundamental dan paling populer. Didalam metode *look-up table* ini menggunakan nilai perkiraan yang telah disimpan dalam *memory*. Ada 3 cara menghasilkan gelombang sinus dengan menggunakan metode *look-up table*[9] yaitu :

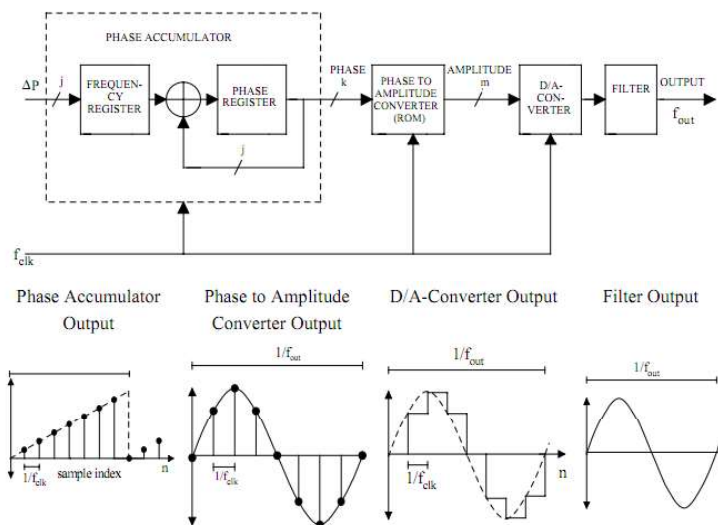
1. Metode pertama melibatkan gelombang sinus sintesis yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar yang elemen tabelnya sudah dihitung.
2. Metode kedua melibatkan gelombang sinus sintesis dengan frekuensi dimana frekuensi pecahan kelipatan dari frekuensi fundamental yang element tabelnya telah dihitung. Dalam metode ini frekuensi adalah kelipatan bukan dari frekuensi table fundamental dan mempunyai substansial Total Harmonic Distortion (THD) yang tinggi.
3. Metode ketiga, sintesis dapat dilakukan pada gelombang sinus dari kelipatan non integer dan mempunyai THD yang rendah dengan menggunakan metode interpolasi.

D. Output sinyal DDS

Sinyal output dari DDS adalah sangat sederhana hanya memiliki *phase accumulator* saja. MSB atau Sinyal output carrier pada *phase accumulator* digunakan sebagai *output* ditunjukkan pada tabel 1 sedangkan gambar 4 menunjukkan bentuk sinyal tiap bagian DDS.

Tabel 1. Accumulator 3 bit

Accumulator output $\Delta P = 3$ and $j = 3$	Carry output	Accumulator output $\Delta P = 2$ and $j = 3$	Carry output
000 (0)	1 Cycle begins	000 (0)	1 Cycle begins
011 (3)	0	010 (2)	0
110 (6)	0	100 (4)	0
001 (1)	1	110 (6)	0
100 (4)	0	000 (0)	1
111 (7)	0	010 (2)	0
010 (2)	1	100 (4)	0
101 (5)	0	110 (6)	0
000 (0)	1	000 (0)	1



Gambar 4. Bentuk sinyal tiap bagian DDS.

IV. KESIMPULAN

Pembangkitan sinyal SPWM dapat dengan mudah dilakukan dengan menggunakan metode DDS. Akurasi sinyal output DDS sangat besar. DDS adalah jenis sintesis digital yang mempunyai kecepatan konversi, resolusi frekuensi yang tinggi dan fase output yang kontinu. DDS menghilangkan kebutuhan tuning frekuensi secara manual. *Direct digital synthesis* mudah digunakan untuk mengontrol frekuensi, fase dan amplitudo. Metode DDS ini mudah diimplementasikan pada peralatan mikroprosessor.

V. REFERENSI

- [1] Yang Chun-hua, WU Qing-biao. (2009). Research on producing SPWM wave based on SOC and DDS. *ELECTRIC DRIVE AUTOMATION*, Vol. 31, No. 5, pp. 39~41.
- [2] Donald C.Larson. (1998). High Speed Direct Digital Synthesis Techniques and Application.IEEE. Gallium Arsenide Integrated Circuit (GaAs IC) Symposium. Atlanta, vol.4, pp.209~212,
- [3] Chen Xiaozheng. (2006). Design and Realization of Virtual Frequency Scanner Based on DDS Technology. *Communication & Audio and Video*, No. 1, pp. 40~46.
- [4] Analog device. (2004). *Fundamentals of Direct Digital Synthesis (DDS)*.
- [5] Liang Yu-ming, Chen De-hai. Analysis and Design of HighFrequency SPWM Velometer Based on DSP. *MICROELECTRONICS& COMPUTER*,Vol.26 No.2, pp.72~75.
- [6] Qing Wang, Songbai He, Ziming Zhong. (2010). Design and Simulation of an Optimized DDS. *Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 6th International Conference on* , vol., no., pp.1,3, 23-25.
- [7] Shuangxi Gao, Shufu Cao, Ying Zhang.(2010). Sinusoidal Pulse Width Modulation Design Base DDS. *Intelligent Systems and Applications (ISA)2nd International Workshop on*. pp. 1-4.
- [8] Analog device. (1999). *A Technical Tutorialon Digital Signal Synthesis*.
- [9] Vinaya Skanda. (2013). *Sine Wave Generator Using Numerically Controlled Oscillator Module*. Microchip Technology Inc.
- [10] Jouko Vankka. (2000). *Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications*. Helsinki University of Technology (Espoo, Finland).