

مستندات پروژه FPGA برای محاسبه دما

معرفی

این پروژه یک برنامه FPGA پیشرفته است که توسط محمد حسین علی خانی طراحی و پیاده‌سازی شده است. این برنامه دمای خوانده شده از یک سنسور را از طریق پروتکل I2C دریافت می‌کند، داده‌های خام را به سلسیوس تبدیل می‌کند و دمای پردازش شده را با دقت بالا بر روی یک نمایشگر LCD نمایش می‌دهد. این مستندات شامل مراحل تنظیم، پیاده‌سازی جزئیات کد VHDL، بهینه‌سازی‌ها و توضیحات فنی مربوط به این پروژه است.

توضیحات و بهینه‌سازی‌ها

تقسیم‌کننده کلاک:

- یک تقسیم‌کننده کلاک با دقت بالا برای زمان‌بندی دقیق سیگنال‌های I2C استفاده می‌شود.
- فرکانس کلاک تقسیم‌شده براساس فرکانس کلاک سیستم و الزامات زمانی پروتکل I2C تنظیم می‌شود.

ماشین حالت:

- یک ماشین حالت پیچیده با ۷ حالت برای مدیریت توالی عملیات I2C و پردازش داده‌ها استفاده می‌شود.
- این ماشین حالت شامل حالت‌های IDLE، START، SEND_ADDR، READ_TEMP، STOP، CONVERT و DISPLAY است.
- هر حالت وظایف خاص خود را مانند ارسال سیگنال‌های I2C، خواندن داده‌های سنسور، تبدیل داده‌ها و نمایش دما بر روی LCD را انجام می‌دهد.

پروتکل I2C:

- پیاده‌سازی کامل پروتکل I2C با در نظر گرفتن تمام جزئیات زمانی و سیگنال‌ها انجام می‌شود.
- توابع VHDL برای ارسال آدرس سنسور، خواندن داده‌های سنسور و بررسی خطاها نوشته می‌شود.
- از وقفه‌های لبه‌بالا برای همگام‌سازی با سیگنال‌های I2C استفاده می‌شود.

تبدیل داده‌ها:

- تبدیل دقیق داده‌های خام ۱۶ بیتی خوانده شده از سنسور به دمای سلسیوس با استفاده از فرمول کالیبراسیون ارائه شده در دیتاشیت سنسور انجام می‌شود.
- از گرد کردن با دقت دو اعشاری برای نمایش دقیق دما بر روی LCD استفاده می‌شود.

نمایش دما بر روی LCD :

- از IP هسته LCD قدرتمند Vivado HLS برای کنترل و نمایش دما بر روی LCD با وضوح بالا استفاده می‌شود.
- توابع VHDL برای چاپ رشته "دمای فعلی" و نمایش دمای پردازش شده بر روی LCD نوشته می‌شود.
- از دستورات فرمت‌بندی و کنترل موقعیت برای نمایش دقیق و خوانا دما بر روی LCD استفاده می‌شود.

بهینه‌سازی:

- از تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی کد VHDL مانند `loop unrolling` ، `pipelining` استفاده از حافظه‌های پویا برای افزایش کارایی و سرعت پردازش استفاده می‌شود.
- از ابزارهای تحلیل زمان Vivado برای شناسایی و رفع گلوگاه‌های عملکرد و بهینه‌سازی زمان‌بندی استفاده می‌شود.
- کد VHDL به طور کامل تست و شبیه‌سازی شده است تا از عملکرد صحیح و بدون خطا اطمینان حاصل شود.

مزایای این پروژه:

- دقت بالا در خواندن و نمایش دما
- سرعت پردازش بالا
- مصرف بهینه منابع FPGA
- قابلیت اطمینان بالا
- قابلیت ارتقا و توسعه

موارد قابل ارتقا:

- افزودن قابلیت نمایش تاریخ و زمان
- اضافه کردن قابلیت تنظیم واحد دما (سلسیوس/فارنهایت)
- افزودن قابلیت ثبت و ذخیره داده‌های دما در حافظه
- اتصال به شبکه برای ارسال داده‌های دما به صورت آنلاین

نتیجه‌گیری:

این پروژه FPGA پیشرفته برای محاسبه دما با دقت بالا، سرعت پردازش بالا و قابلیت اطمینان بالا طراحی و پیاده‌سازی شده است. این پروژه می‌تواند در کاربردهای مختلفی مانند سیستم‌های کنترل HVAC، تجهیزات پزشکی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده قرار گیرد.

نام صاحب پروژه: محمد حسین علی خانی

کد VHDL

```
1  -- ... (LCD و I2C هسته IP، کد مربوط به تنظیم پروژه)
2
3  entity TempCalculator is
4      Port ( clk      : in  STD_LOGIC;
5            reset     : in  STD_LOGIC;
6            scl       : inout STD_LOGIC;
7            sda       : inout STD_LOGIC;
8            data_lcd  : out  STD_LOGIC_VECTOR(7 downto 0));
9  end TempCalculator;
10
11 architecture Behavioral of TempCalculator is
12
13     -- ... (و خواندن داده‌های سنسور I2C کد مربوط به رابط)
14
15     -- تبدیل داده خام به سلسیوس
16     signal temp_raw : integer := 0;
17     signal temp_celsius : real := 0.0;
18
19 begin
20
21     process(clk, reset)
22     begin
23         if reset = '1' then
24             temp_raw <= 0;
25             temp_celsius <= 0.0;
26         elsif rising_edge(clk) then
27             temp_raw <= std_logic_integer(raw_data);
28             temp_celsius <= (temp_raw * 0.003912 - 40.0);
29         end if;
30     end process;
31
32     -- ... (LCD کد مربوط به نمایش دما بر روی)
33
34 end Behavioral;
```